

## **Introducción a la teledetección con ERDAS Imagine.**

Unidad SIG. Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

**Madrid, 6 al 10 de junio del 2011**

Carlos Fernández Freire

M<sup>º</sup> Victoria González Cascón

Alfredo Gómez Domínguez

Israel Gómez Nieto

## **OBJETIVO DEL CURSO**

El objetivo de este curso es proporcionar un conocimiento básico de las técnicas de teledetección, a través de las herramientas de ERDAS Imagine.

Para ello se han definido una serie de módulos que representan las principales fases del flujo de trabajo habitual en teledetección: importación de datos, correcciones geométricas y radiométricas, mosaicado, realces, índices, clasificación digital y visualización 3D.

El curso está dirigido a personal técnico e investigador del CSIC que requiera el uso de estas herramientas en su labor profesional y que ya cuente con un cierto conocimiento de las Técnicas de Información Geográfica (TIG).

Al finalizar el curso se espera que el alumno se haya familiarizado con estas técnicas y pueda implementarlas en su trabajo.

| Introducción a la teledetección con ERDAS Imagine |   |   |  |  |   |
|---|---|---|--|--|---|
|   | LUNES 6   | MARTES 7  | MIÉRCOLES 8  | JUEVES 9   | VIERNES 10  |
| 9:00 – 10:15                                      | Teoría: fundamentos físicos + práctica<br><i>Carlos Fernández</i>       | Teoría: correcciones geométricas<br><i>Carlos Fernández</i>     | Teoría: realces y filtros<br><i>Carlos Fernández</i>   | Teoría: índices<br><i>M<sup>a</sup> Victoria González</i>                        | Práctica: clasificación supervisada<br><i>M<sup>a</sup> Victoria González</i> |
| 10:15 – 11:30                                     | Teoría: tipos de sensores + práctica<br><i>Carlos Fernández</i>         | Práctica: correcciones geométricas<br><i>Carlos Fernández</i>   | Práctica: realces y filtros<br><i>Carlos Fernández</i> | Práctica: índices<br><i>M<sup>a</sup> Victoria González</i>                      | Práctica: matriz de confusión<br><i>M<sup>a</sup> Victoria González</i>       |
| 11:30 – 12:00                                     | CAFÉ  | CAFÉ  | CAFÉ   | CAFÉ   | CAFÉ  |
| 12:00 – 13:30                                     | Teoría: tipos de resolución + práctica<br><i>Carlos Fernández</i>       | Teoría: correcciones radiométricas<br><i>Carlos Fernández</i>   | Teoría: mosaicado<br><i>Alfredo Gómez</i>              | Teoría: clasificación<br><i>Carlos Fernández</i>                                 | Teoría + práctica: clasificación experta<br><i>Carlos Fernández</i>           |
| 13:30 – 15:00                                     | Práctica: adquisición e importación de datos<br><i>Carlos Fernández</i> | Práctica: correcciones radiométricas<br><i>Carlos Fernández</i> | Práctica: mosaicado<br><i>Alfredo Gómez</i>            | Práctica: clasificación no supervisada<br><i>M<sup>a</sup> Victoria González</i> | Presentación y análisis resultados<br><i>Alfredo Gómez</i>                    |

## ÍNDICE

|  | <i>Pag.</i> |
|--|-------------|
| Teoría I: Fundamentos de teledetección y conceptos de resolución | 3           |
| Práctica 1: Resoluciones y firmas espectrales                    | 19          |
| Teoría II.a: Tipos de sensores                                   | 29          |
| Teoría II.b: Adquisición e importación de imágenes               | 38          |
| Práctica 2: Adquisición e importación de datos                   | 43          |
| Teoría III: Correcciones geométricas                             | 48          |
| Práctica 3.1: Georreferenciación                                 | 53          |
| Práctica 3.2: Corregistro de imágenes                            | 59          |
| Teoría IV: Correcciones radiométricas                            | 69          |
| Práctica 4: Correcciones radiométricas                           | 76          |
| Teoría V: Realces y filtros                                      | 86          |
| Práctica 5: Realces y filtros                                    | 94          |
| Teoría VI: Elaboración de mosaicos                               | 112         |
| Práctica 6: Elaboración de mosaicos                              | 118         |
| Teoría VII: Obtención de información de la imagen                | 130         |
| Práctica 7: Combinaciones lineales entre bandas                  | 138         |
| Teoría VIII: Clasificación de imágenes                           | 145         |
| Práctica 8.1: Clasificación no supervisada                       | 155         |
| Práctica 8.2: Clasificación supervisada                          | 165         |
| Práctica 8.3: Matriz de confusión                                | 175         |
| Práctica 8.4: Knowledge Engineer                                 | 180         |
| Práctica 8.4 extra: Knowledge Engineer                           | 185         |
| Práctica 9: Visualización en 3D                                  | 192         |
| Recursos de teledetección  | 197         |



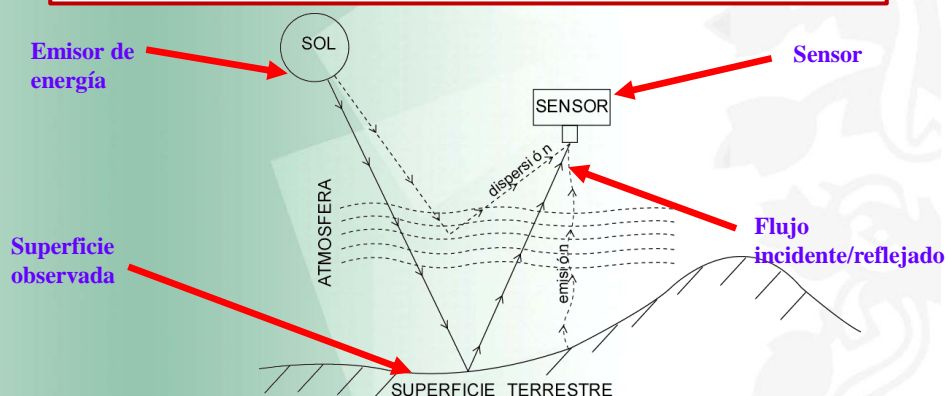


## Fundamentos de Teledetección Conceptos de resolución

### INTRODUCCIÓN

#### Funcionamiento de un sistema de Teledetección

Teledetección: Técnica que permite obtener información a distancia de un objeto



La teledetección es la técnica de observación remota de la superficie terrestre y de la atmósfera que la envuelve utilizando sensores capaces de captar la radiación electromagnética, reflejada o emitida. Incluye el proceso de análisis de los datos para su posterior transformación en magnitudes físicas.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## INTRODUCCIÓN

### Funcionamiento de un sistema de Teledetección

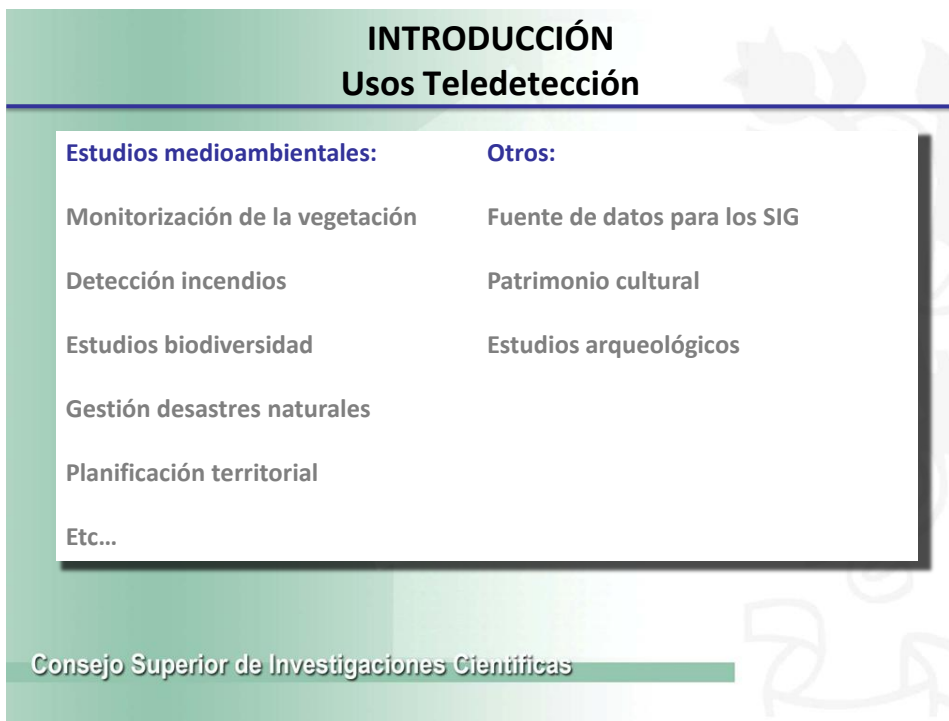
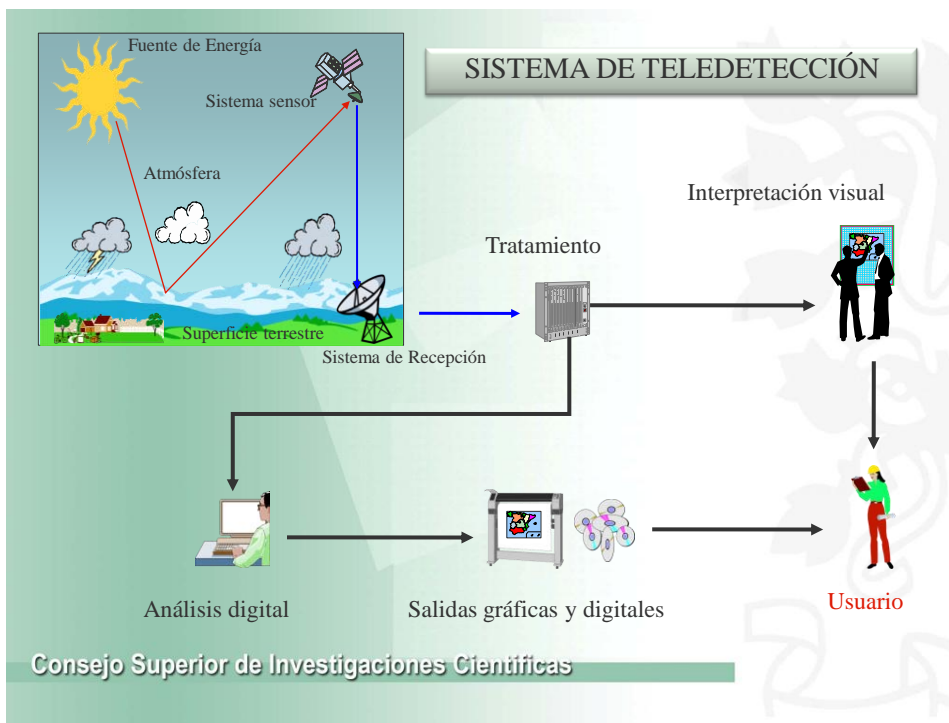


## INTRODUCCIÓN

### Métodos de Teledetección

**Métodos pasivos:** se basan en el registro de la radiación electromagnética reflejada o emitida por los objetos de forma natural. La fuente de energía es el sol o la tierra, y la función del sensor es el registro de la señal que le llega. Los más comunes son la fotografía y los sensores optico-electrónicos.

**Métodos activos:** el sensor tiene una doble función. Por una parte cuenta con una fuente de energía propia que suministra una radiación de características conocidas que envía al objeto, y que posteriormente recogerá una vez reflejada por aquel. La información se obtiene de la comparación entre la señal emitida y la reflejada. El radar es el método activo más común.



## Ventajas de la Teledetección

**Cobertura global de la superficie terrestre.**

**Observación a distintas escalas.**

**Frecuencia de adquisición.**

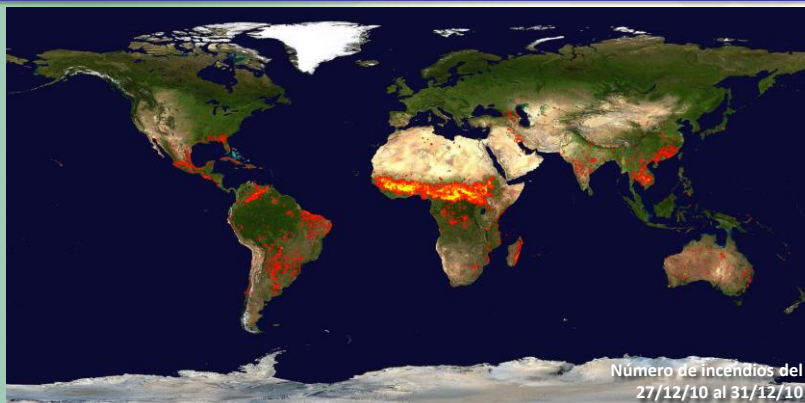
**Homogeneidad en la adquisición.**

**Información en regiones del espectro no visible.**

**Formato digital.**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## VENTAJAS Visión global



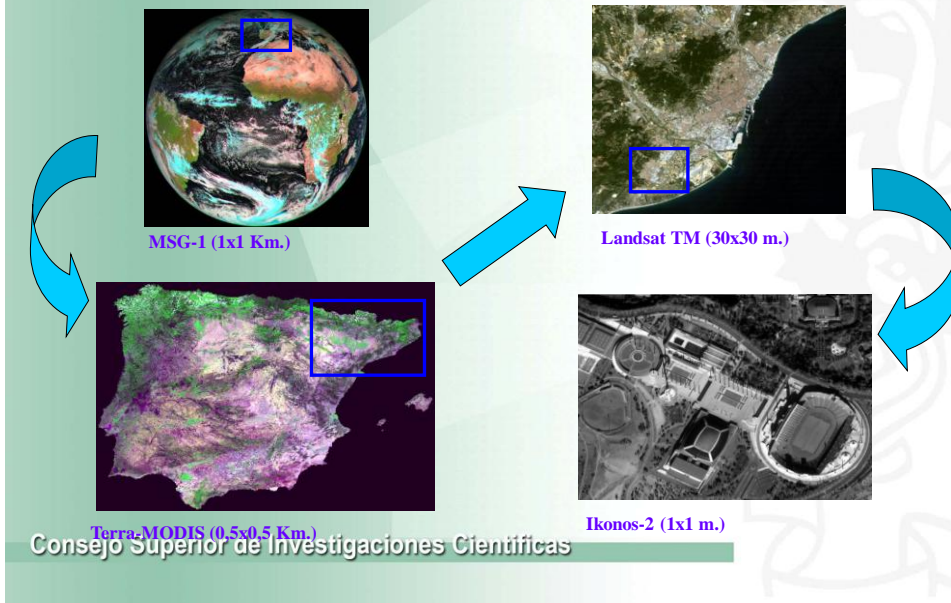
<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>

La frecuencia con la que las imágenes son tomadas hace que sea posible contar con información a escala global en períodos razonables (de un día a varios días, dependiendo de la resolución espacial del sensor).

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

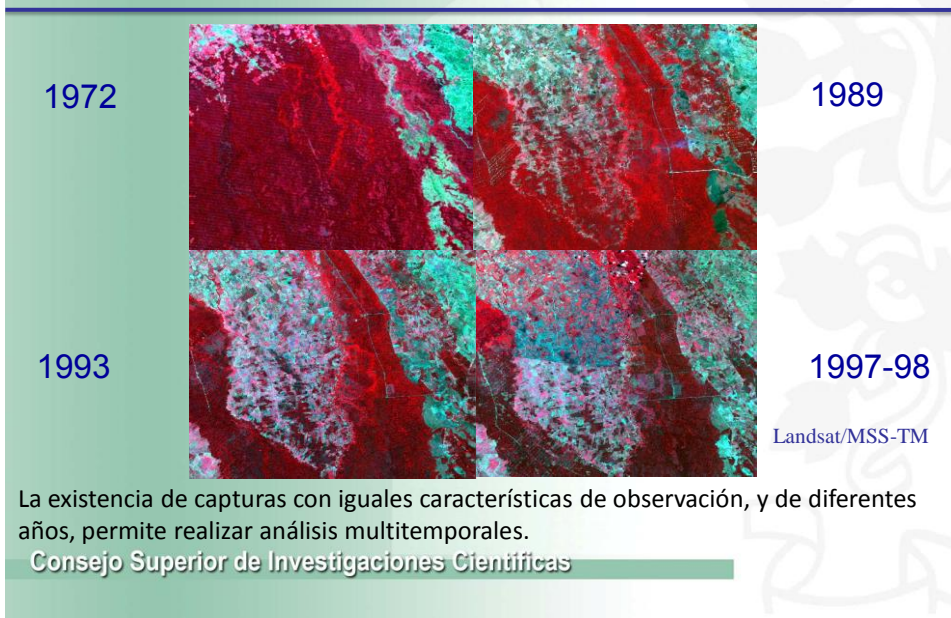
## VENTAJAS

### Escalas de medida



## VENTAJAS

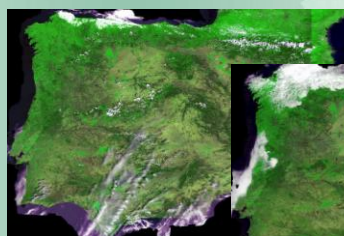
### Frecuencia de adquisición





## VENTAJAS

### Homogeneidad en la adquisición



29 de julio de  
2001



29 de julio de  
2002



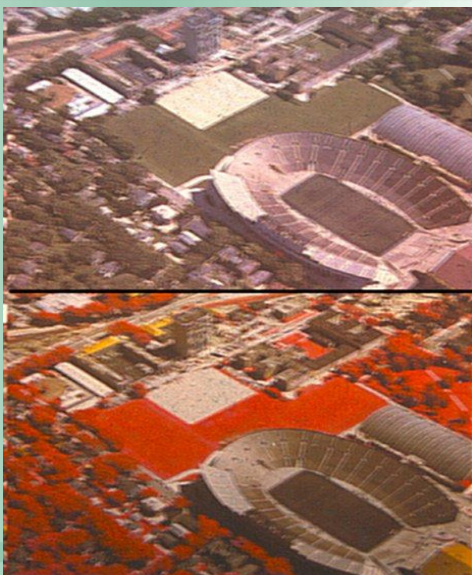
29 de julio de  
2003

*Terra-MODIS*

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## VENTAJAS

### Regiones no visibles del espectro



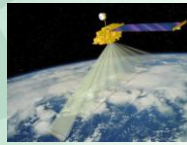
**Composición en color verdadero**

La disposición de información en regiones no visibles del espectro hace de las imágenes de satélite una herramienta muy útil en la discriminación de cubiertas o en los estudios atmosféricos, por ejemplo.

**Composición en falso color**

ntíficas

## VENTAJAS Formato digital

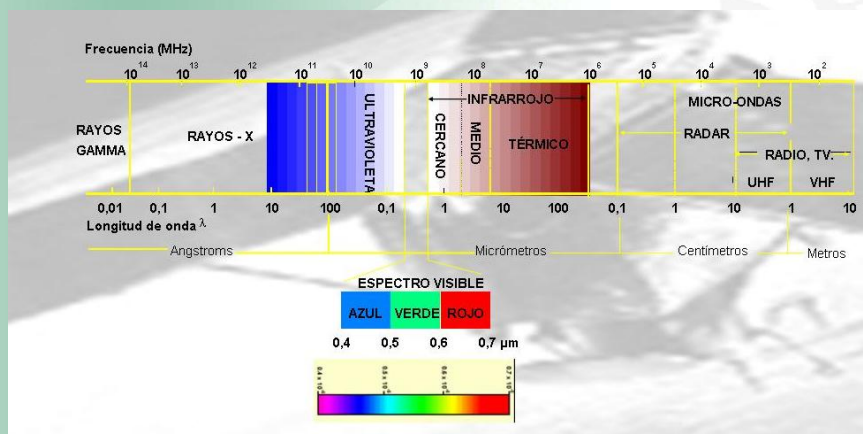


La radiación captada por un sensor espacial se transforma en un pulso eléctrico que es codificado, dentro de un rango determinado, en un valor numérico. Los datos posteriormente son transmitidos a las estaciones en tierra para poder ser procesados mediante *software* específicos de tratamiento digital de imágenes.

| Row | 193  | 194  | 195  | 196  | 197  | 198  |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 244 | 2139 | 2108 | 2108 | 2122 | 2108 | 2108 |
| 245 | 2145 | 2124 | 2124 | 2133 | 2120 | 2120 |
| 246 | 2145 | 2124 | 2124 | 2133 | 2120 | 2120 |
| 247 | 2126 | 2106 | 2106 | 2100 | 2113 | 2113 |
| 248 | 2074 | 2068 | 2068 | 2091 | 2097 | 2097 |
| 249 | 2074 | 2068 | 2049 | 2078 | 2084 | 2084 |
| 250 | 2057 | 2049 | 2049 | 2078 | 2084 | 2084 |
| 251 | 2077 | 2057 | 2057 | 2083 | 2069 | 2069 |
| 252 | 2126 | 2088 | 2102 | 2102 | 2091 | 2091 |
| 253 | 2126 | 2107 | 2119 | 2119 | 2136 | 2136 |
| 254 | 2135 | 2107 | 2119 | 2119 | 2136 | 2136 |

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

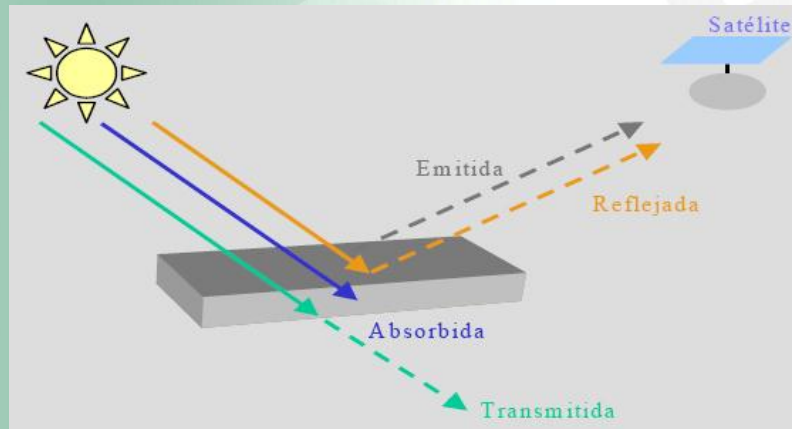
## FUNDAMENTOS Espectro electromagnético



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## FUNDAMENTOS

### Interacción entre la energía y un cuerpo



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## FUNDAMENTOS

### Magnitudes físicas en teledetección

- *Energía radiante*: Indica el total de energía radiada en todas las direcciones (J).
- *Flujo radiante*: Total de energía radiada en todas las direcciones por unidad de tiempo (W).
- *Emitancia*: Total de energía radiada en todas las direcciones desde una unidad de superficie y por unidad de tiempo ( $W/m^2$ ).
- *Irradiancia*: Total de energía radiada sobre una unidad de área y por unidad de tiempo ( $W/m^2$ ).
- *Intensidad radiante*: Total de energía radiada por unidad de tiempo y por ángulo sólido de medida ( $W/sr$ ).
- **Radiancia: Total de energía radiada en una determinada dirección por unidad de área y por ángulo sólido de medida ( $W/m^2sr$ ). ES LO QUE MIDE EL SENSOR.**
- *Emisividad*: Relación entre la emitancia de una superficie y la que ofrecería un emisor perfecto a la misma temperatura.
- *Reflectividad*: Relación entre el flujo incidente y el reflejado por una superficie.
- *Absortividad*: Relación entre el flujo incidente y el que absorbe una superficie.
- *Trasmisividad*: Relación entre el flujo incidente el transmitido por una superficie.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## FUNDAMENTOS

### Leyes de la radiación electromagnética

#### Ley de Planck

$$M_{n,\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5 \left\{ \exp\left(\frac{c_2}{\lambda T}\right) - 1 \right\}}$$



Cualquier cuerpo físico con una temperatura superior a 0° Kelvin, radia energía, y ésta aumenta con la temperatura

#### Ley del desplazamiento de Wien

$$\lambda_{\max} = \frac{2898 \mu m K}{T}$$



La longitud de onda a la que se produce la máxima emitancia varía en función de la temperatura

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

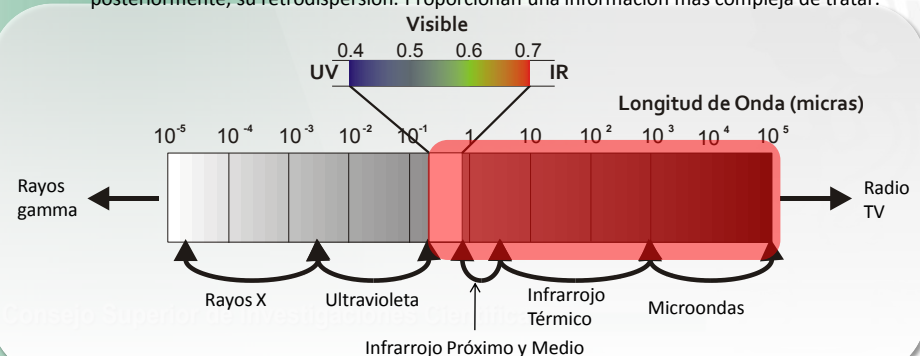
## PRINCIPALES CUBIERTAS

### Principales rangos de observación

**Dominio óptico (0,4 a 2,5 mm).** Comprende el intervalo de longitudes de onda directamente dependientes de la energía solar.

**Región del infrarrojo térmico (8 a 14 mm).** Es donde se manifiesta con mayor claridad la emitancia espectral de la superficie terrestre, de acuerdo con su temperatura. La radiancia que recibe el sensor no es el resultado de la reflexión de la energía solar, sino de la radiación emitida por la superficie.

**Región de las microondas (mm a m).** Los sensores que trabajan con esta parte del espectro electromagnético habitualmente emiten su propio haz energético para recoger, posteriormente, su retrodispersión. Proporcionan una información más compleja de tratar.



## PRINCIPALES CUBIERTAS

### Factores que influyen en la reflectividad de la cubierta

Elementos que absorben (agua, pigmentos, minerales).

Rugosidad superficial (reflectividad lambertiana o especular).

Ángulos de observación e iluminación.

Variaciones medio ambientales en la cubierta:  
homogeneidad/heterogeneidad que presenta la superficie,  
estado fenológico de la vegetación, etc.

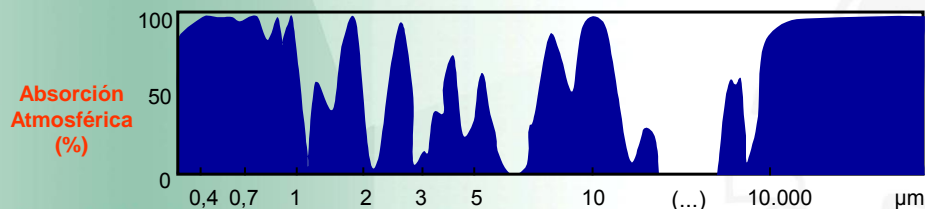
Influencia del relieve en el ángulo de iluminación: orientación de las laderas, pendiente.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## PRINCIPALES CUBIERTAS

### Efectos de la atmósfera

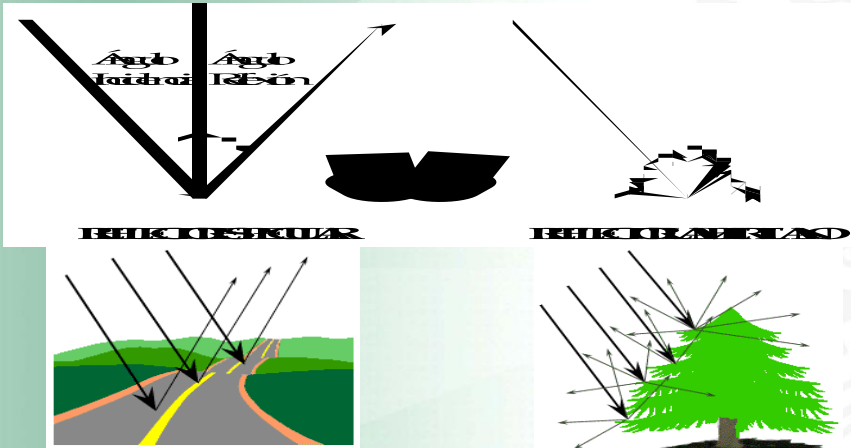
- Absorción ( $O_2$ ,  $O_3$ , vapor de agua, aerosoles): La atmósfera se comporta como un filtro selectivo en algunas longitudes de onda.
- Dispersión: Se produce por la interacción entre los gases y partículas atmosféricas y la radiación electromagnética.
  - Rayleigh: Afecta a  $\lambda$  < que el tamaño de la partícula.
  - Mie: Afecta a  $\lambda$  de similar tamaño al de las partículas.
  - No selectiva: Afecta a diversas  $\lambda$ .
- Emisión. Se da en función de la temperatura de los cuerpos.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

# PRINCIPALES CUBIERTAS

## Tipos de reflectores

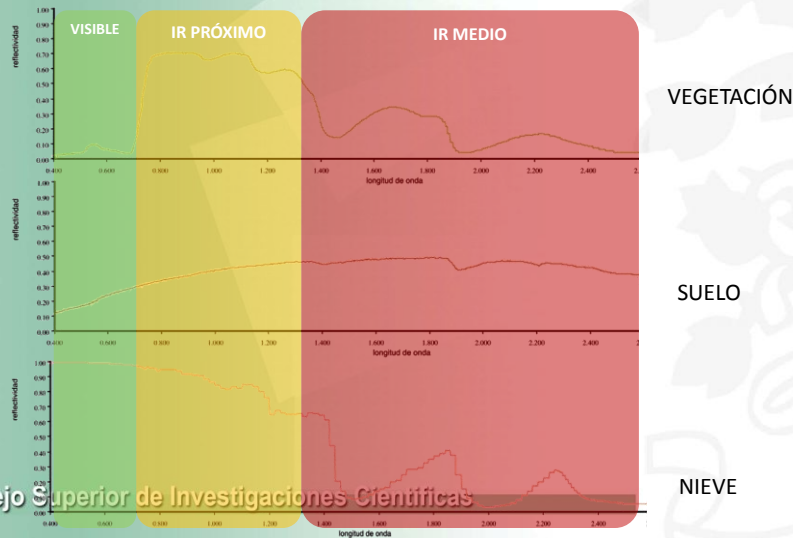


Consejo Superior de Investigaciones Científicas

# PRINCIPALES CUBIERTAS

## Firma espectral

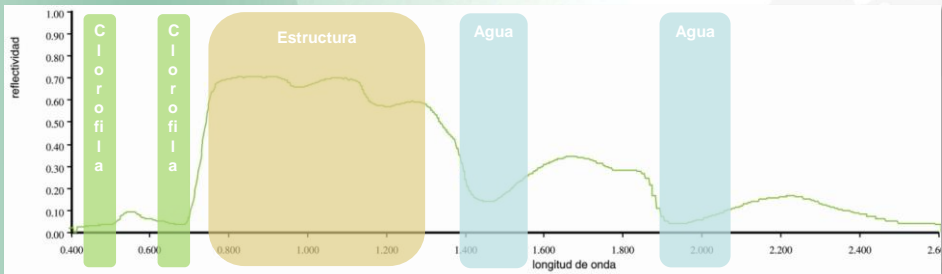
Forma en que un objeto refleja y emite energía a diferentes longitudes de onda ( $\lambda$ )



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

# PRINCIPALES CUBIERTAS Factores en la reflectividad de la vegetación

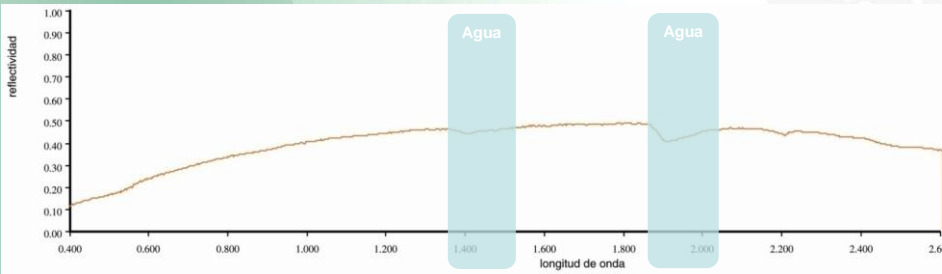
| Factores de reflectividad de la hoja. | Factores del dosel vegetal. |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| Pigmentos.                            | Cobertura.                  |
| Estructura de la hoja.                | Geometría de las hojas.     |
| Humedad.                              | Ángulos de observación.     |



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

# PRINCIPALES CUBIERTAS Factores en la reflectividad del suelo

|                      |   |                                     |
|----------------------|---|-------------------------------------|
| Composición química  | → | Color dominante                     |
| Materia orgánica     | → | Baja reflectividad                  |
| Humedad              | → | Bandas de absorción                 |
| Textura y estructura | → | Aumento o disminución reflectividad |

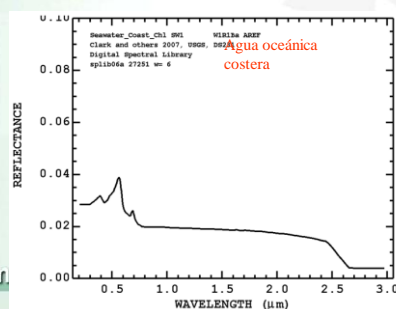
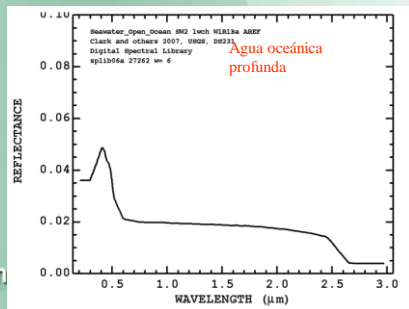


Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## PRINCIPALES CUBIERTAS

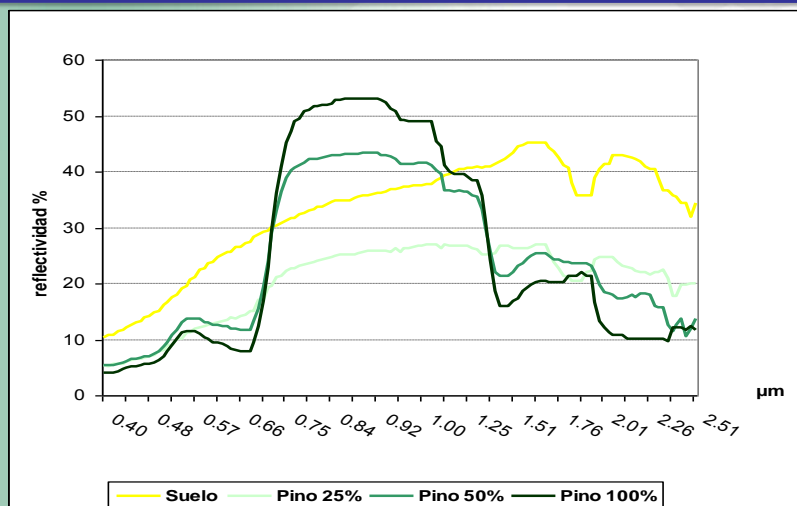
### Factores de reflectividad del agua

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Profundidad de las aguas             | Menor aporte materiales fondo            |
| Materiales en suspensión             | Más reflectividad en visible             |
| Rugosidad de la superficie (oleaje)  | Aumento reflectividad (ref. lambertiano) |
| Presencia de vegetación              | Descenso azul, aumento verde             |
| Ángulos de observación e iluminación | Por ser reflector especular              |



## PRINCIPALES CUBIERTAS

### Mezcla de cubiertas

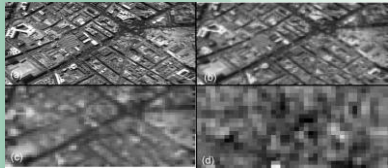


# PRINCIPALES CUBIERTAS Colores resultantes

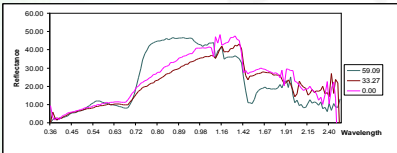


# RESOLUCIÓN Tipos de resolución

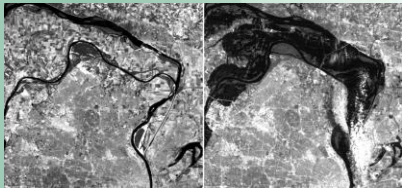
## Espacial



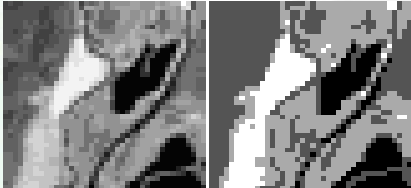
## Espectral



## Temporal



## Radiométrica



Consejo Superior de Investigaciones Científicas



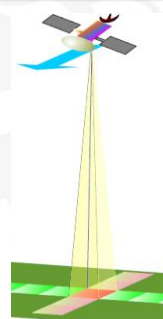
## RESOLUCIÓN

### Resolución espacial

Capacidad de distinguir objetos en la imagen de acuerdo a su tamaño. Señala el límite de esta capacidad.

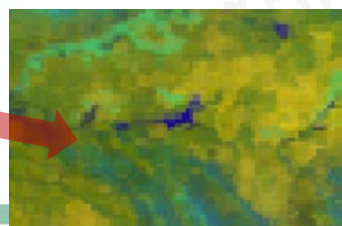
Factores de que depende:

1. Tamaño del IFOV (Instantaneous Field of View).
2. Altura de la órbita del satélite.
3. Tipo de detectores.



**Influencia de la resolución espacial**  
Delimitación objetos, por ejemplo campos de cultivo.

Consejo Superior de



## RESOLUCIÓN

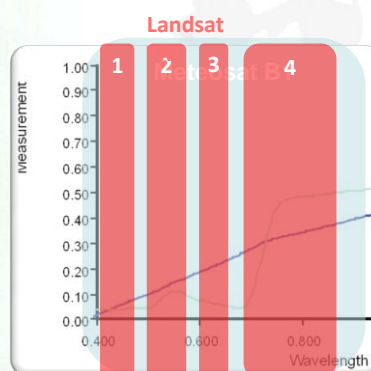
### Resolución espectral

Número y anchura de las bandas en las que el sensor toma medidas.

La elección del número, anchura y localización de las bandas depende de la finalidad de su diseño.

Un sensor diseñado para el estudio de las cubiertas del suelo intentará evitar las ventanas de fuerte absorción atmosférica. Sin embargo, un satélite meteorológico buscará información en esas mismas ventanas.

Del mismo modo un sensor meteorológico no precisará de múltiples canales en el visible puesto que las diferencias cromáticas en las nubes no son destacables. Sin embargo, un sensor dedicado al estudio de la superficie terrestre sí que precisará de este tipo de información.



Vegetación sana  
Vegetación seca

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## RESOLUCIÓN

### Resolución temporal

Tiempo que transcurre desde una toma del sensor y la siguiente de la misma zona de la cubierta terrestre.

Factores de que depende:

1. Características de la órbita del satélite (altura, velocidad, inclinación).
2. Ángulo total de apertura del sensor.

Existen sensores que pueden enfocarse desde órbitas próximas lo que reduce el tiempo entre tomas (SPOT-HRV, Ikonos).

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## RESOLUCIÓN

### Resolución radiométrica

Sensibilidad del sensor a la hora de detectar variaciones en la radiancia espectral que capta.

Se identifica con el rango de valores que utiliza para codificar esta radiancia. En última instancia en las imágenes digitales se traduce en el número de bits que se utilizan en dicha codificación.

Una imagen de 8 bits es capaz de ofrecer 256 niveles de codificación (niveles de gris o de color).

Con el paso del tiempo la resolución radiométrica de los sensores se ha ido incrementando notablemente debido a la mejora de la óptica y de los sistemas electrónicos de almacenamiento y transmisión de los datos.

Hoy no es extraño contar con imágenes que utilizan 10, 11, 16 y hasta 32 bits.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



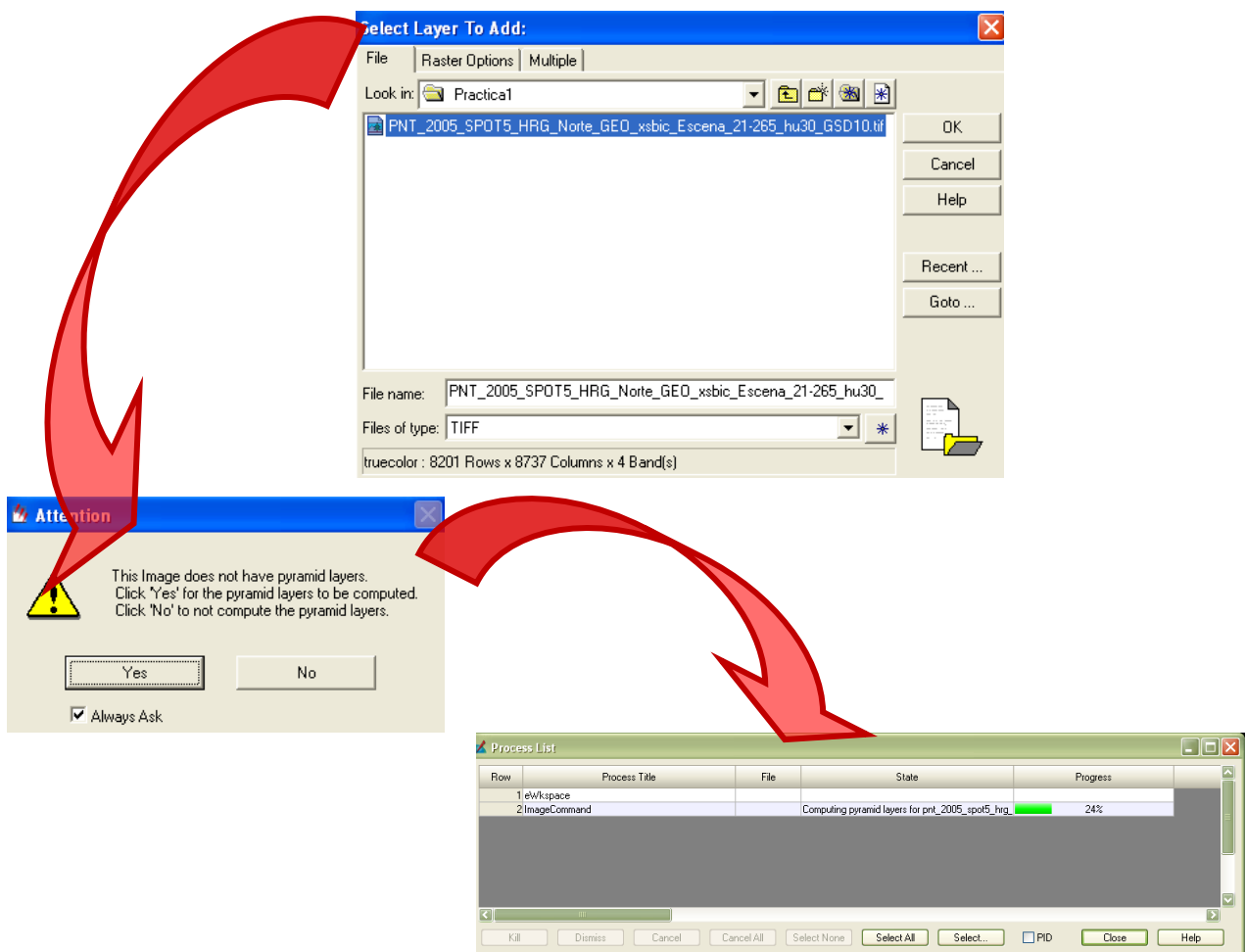
## Práctica 1: Resoluciones y firmas espectrales


Antes de comenzar con las prácticas vamos a visualizar varias imágenes para habituarnos al manejo de la interfaz de ERDAS. Para ello seleccionamos la opción de **abrir archivo** y navegamos hasta la carpeta “Práctica1” para ir examinando las diferentes imágenes.

### Práctica 1.1

En primer lugar vamos a analizar distintos tipos de imágenes desde el punto de vista de su resolución.

1. Seleccionamos **abrir archivo**.
2. En el menú **File** encontramos la opción **Open Raster Layer**. Navegamos hasta la carpeta “Práctica1/resolucion”. En el tipo de archivo indicamos que es de tipo TIFF. Abrimos la imagen SPOT y aceptamos la generación de pirámides para que su visualización sea más ágil.



3. Con la utilidad **Show Information for Top Raster Layer**  accedemos a la información de la imagen. Consultando dicha información comprueba y anota la siguiente información:

#### **SPOT**

Tamaño de la imagen:

Tipo de proyección:

Resolución espectral (nº de bandas):

Resolución espacial:

Resolución radiométrica:

4. Repite el proceso con las imágenes Landsat, MODIS y la ortofotografía aérea del PNOA2005. Ten en cuenta que el tipo de archivo raster es diferente en cada una (Landsat=img; MODIS=pix; PNOA=ecw). Anota la misma información que para la imagen SPOT. Para conservar la imagen que estas visualizando al abrir una nueva es necesario desactivar la opción “**Clear view**” de la pestaña “**Raster Options**” en el caso de esté activada.

Si optas por tener varias imágenes abiertas simultáneamente su posición se controla desde el panel **Contents** – situado arriba a la izquierda – (manteniendo pulsado el botón izquierdo del ratón y arrastrado la capa hasta una nueva posición).

#### **Landsat**

Tamaño de la imagen:

Tipo de proyección:

Resolución espectral (nº de bandas):

Resolución espacial:

Resolución radiométrica:

### **MODIS**

Tamaño de la imagen:

Tipo de proyección:

Resolución espectral (nº de bandas):

Resolución espacial:

Resolución radiométrica:

### **PNOA**

Tamaño de la imagen:

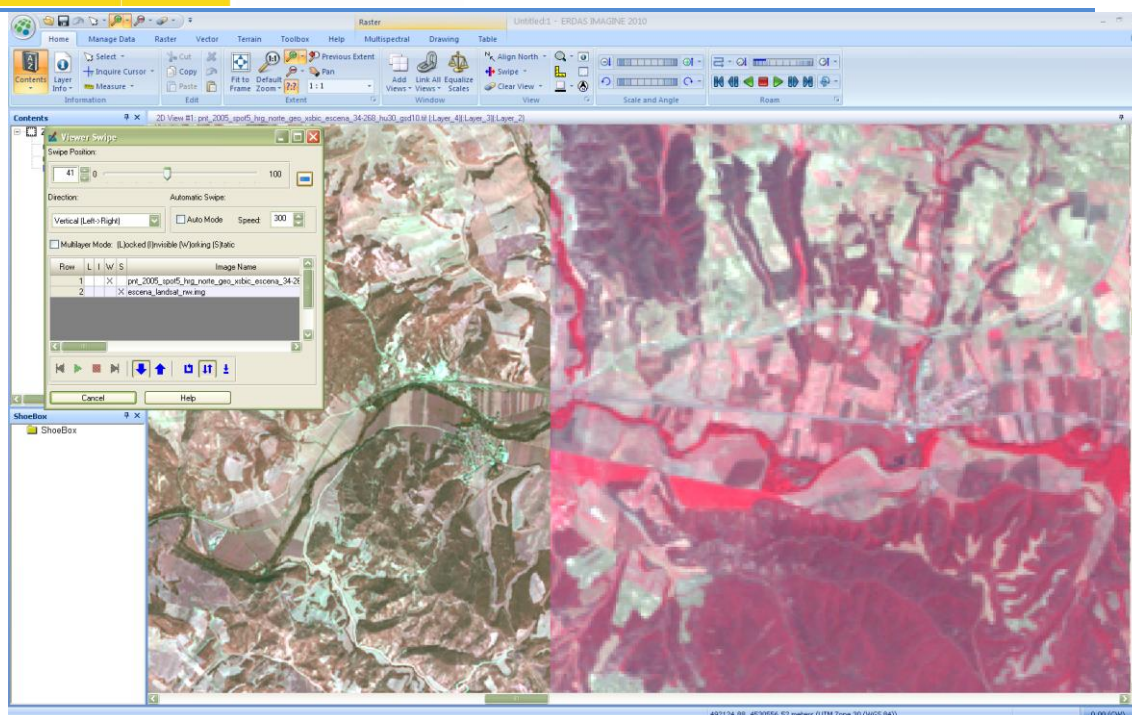
Tipo de proyección:

Resolución espectral (nº de bandas):

Resolución espacial:

Resolución radiométrica:

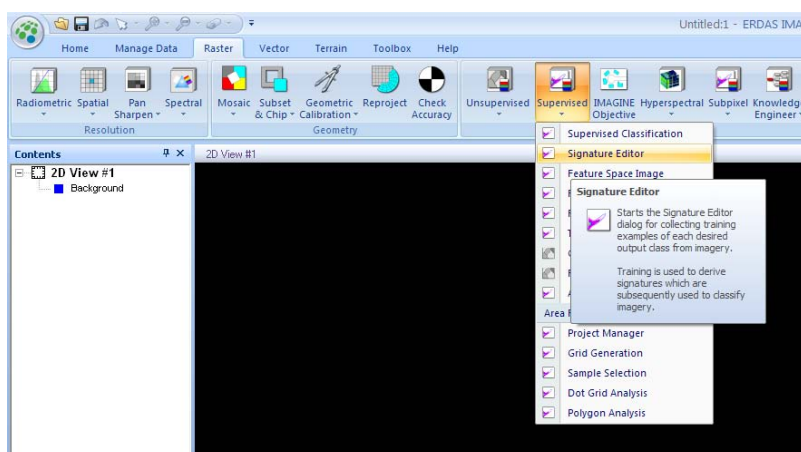
5. También puedes observar las diferencias de resolución espacial entre las distintas imágenes a través de la función **Swipe** . Puedes practicar con la opción **Auto Mode** y **Multilayer Mode**. Ten en cuenta la posibilidad de configuraciones distintas con los parámetros L, I, W y S.



6. Puedes utilizar también la función **Blend** y observar las diferencias con la anterior. Haz lo mismo con la función **Flicker**.

## Práctica 1.2

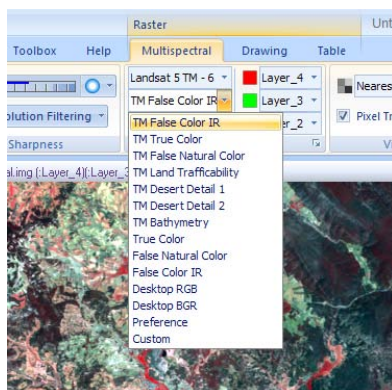
1. Abrimos **ERDAS 2010** y desplegamos el **Signature Editor** que se encuentra en el módulo **Raster - Supervised**.



3. Desde el visor abrimos la imagen "landsattm\_firma\_espectral.img" que se encuentra en la carpeta "Práctica\_1\_2". Se trata de una escena Landsat5 TM, que

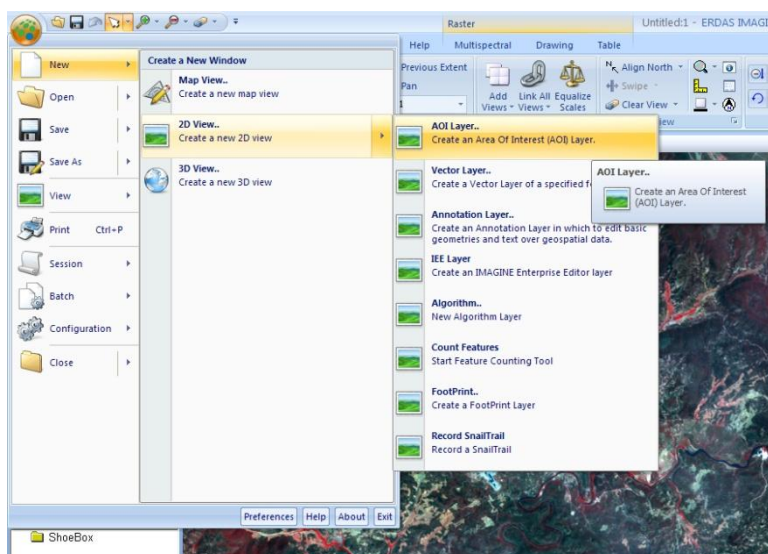
contiene información en seis bandas espectrales, con información en los rangos del Visible (1, 2 y 3), IRC (4) y SWIR (5 y 6).

4. En la pestaña **Multispectral** controlamos en tipo de composición RGB que queremos obtener. Existen composiciones RGB convencionales predefinidas para las imágenes Landsat5-TM. Probaremos las diferentes composiciones y elegiremos las más adecuadas para identificar los distintos tipos de cubiertas presentes en la imagen.

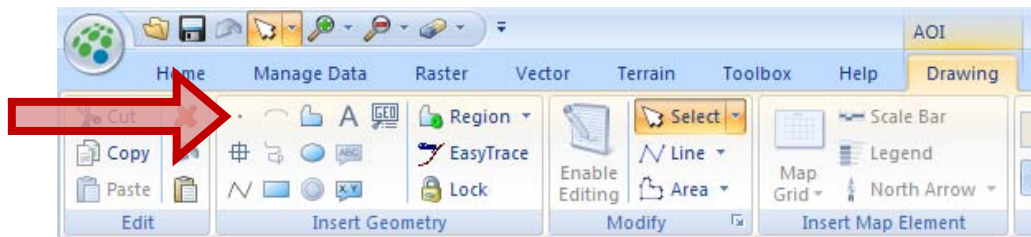


5. El objetivo es seleccionar algunos tipos de cubiertas (agua, vegetación de ribera, cultivos, nubes) y obtener el perfil espectral de los mismos a través de las herramientas que **ERDAS 2010** ofrece.

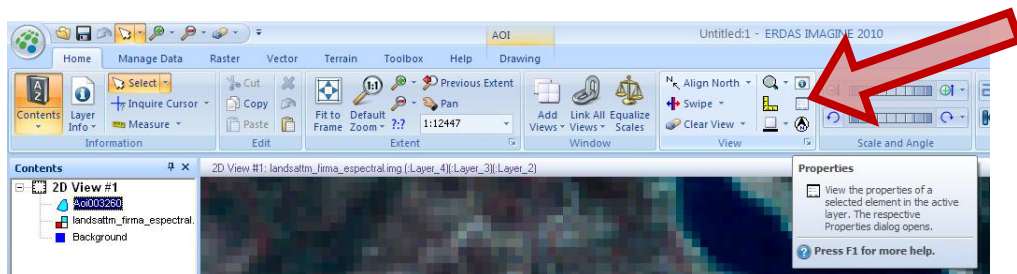
6. Desde el menú principal de **ERDAS 2010** creamos una nueva capa de AOI (Area Of Interest); **Menu – New – 2D View – AOI Layer**:



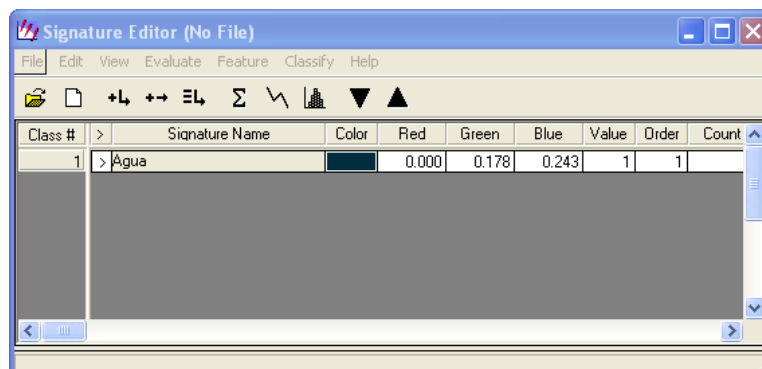
- Buscamos un píxel que corresponda con la cubierta “agua” y creamos una AOI de tipo punto.



Podemos ayudarnos del **Inquire Cursor** para comprobar los valores que tiene el píxel elegido. Desde la pestaña **Home** seleccionamos **Display Selected AOI Properties** y damos un nombre y una descripción a nuestro elemento.

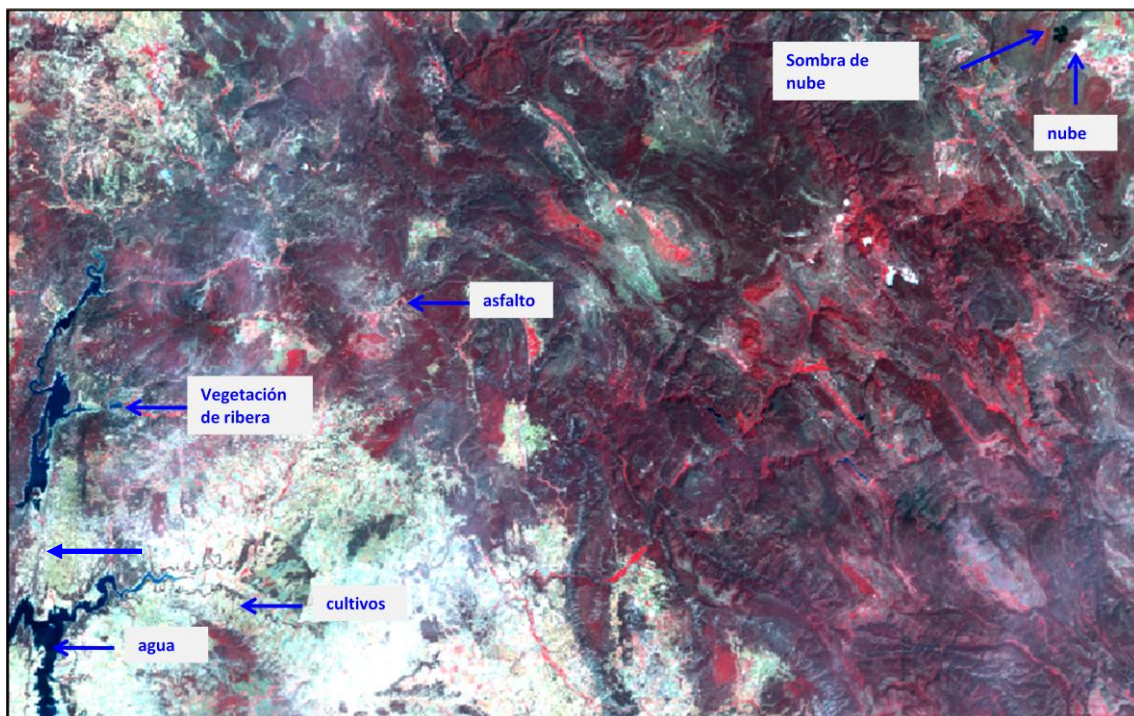


- Volvemos al **Signature Editor** y creamos una nueva signature espectral utilizando la herramienta **Create a New Signature from AOI**. Una vez que se ha incorporado el nuevo registro podemos etiquetarlo con el nombre de la categoría correspondiente, en este caso la llamamos “agua”.

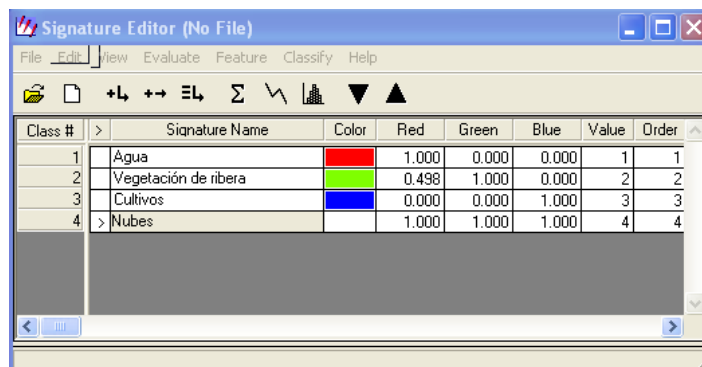



- Repetimos los pasos 7 y 8 para incorporar nuevas categorías a nuestra tabla de firmas espectrales (por ejemplo: vegetación de ribera, cultivos, nubes, asfalto, sombra de nube). Te puede servir de referencia la captura de imagen que se acompaña (realizada con una composición en falso color infrarrojo), aunque puedes intentar localizar otras zonas tu mismo.

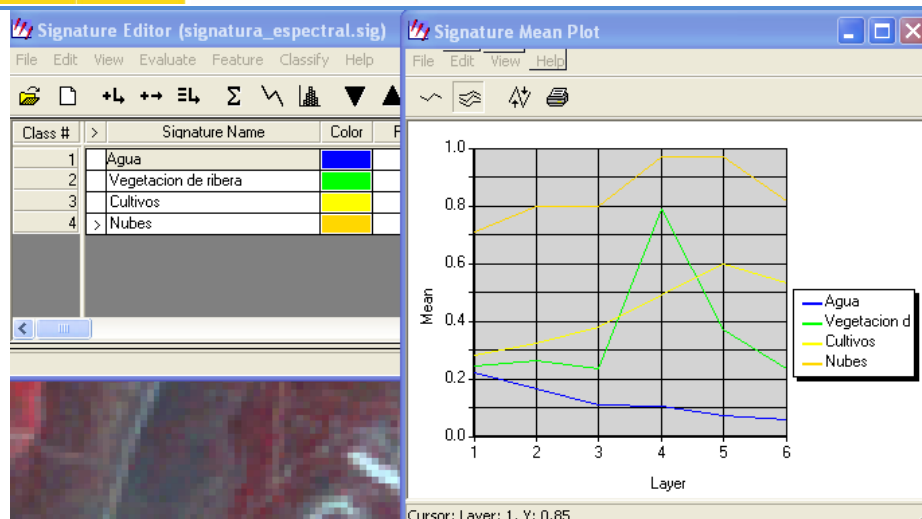




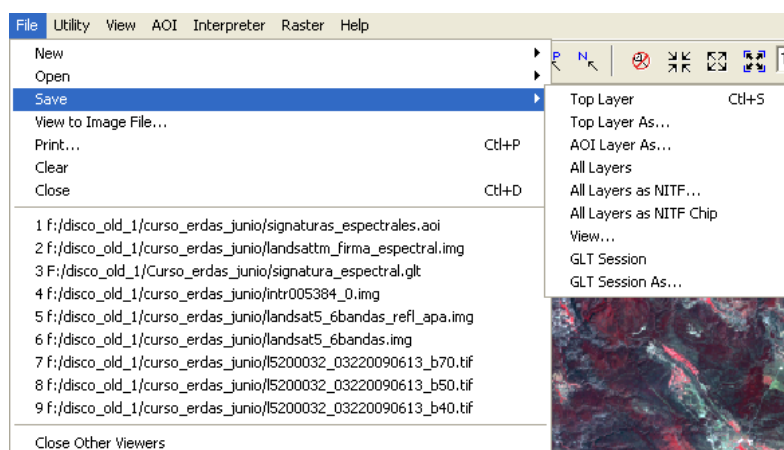
10. Podemos modificar el color que por defecto nos ofrece la aplicación para que las clases sean más fácilmente contrastables en nuestro gráfico.



11. Una vez recolectados nuestros puntos de muestra para cada categoría podemos visualizar las firmas espectrales a través del **Display Mean Plot Window** . Diseñamos un gráfico que permita visualizar los cuatro perfiles espectrales. Para ello es posible que tengamos que modificar los parámetros de representación a través de la opción **Charge Options**, que se encuentra dentro del menú **Edit**. El resultado debe ser parecido al que se muestra en la captura de pantalla.



12. Para finalizar guardamos nuestra capa AOI para lo que utilizamos la opción **Save AOI Layer as**. La almacenamos en nuestra carpeta de trabajo con un nombre reconocible. Si queremos guardar todo nuestro proyecto guardamos la **GLT Session** desde la opción **Save** del menú **File**.

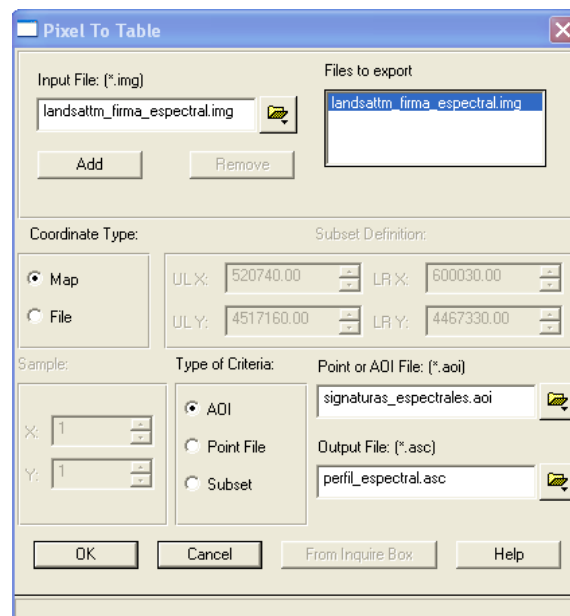




## Práctica 1.3

Otra forma diferente para poder realizar un gráfico con los perfiles espectrales de distintas categorías es la que se desarrolla en el siguiente ejercicio. En este caso se busca tener un archivo con los puntos de extracción y los valores en todos los canales de la imagen para poder ser incorporado a una hoja de cálculo y manejarlo con mayor flexibilidad a la hora de representar gráficamente los perfiles espectrales.

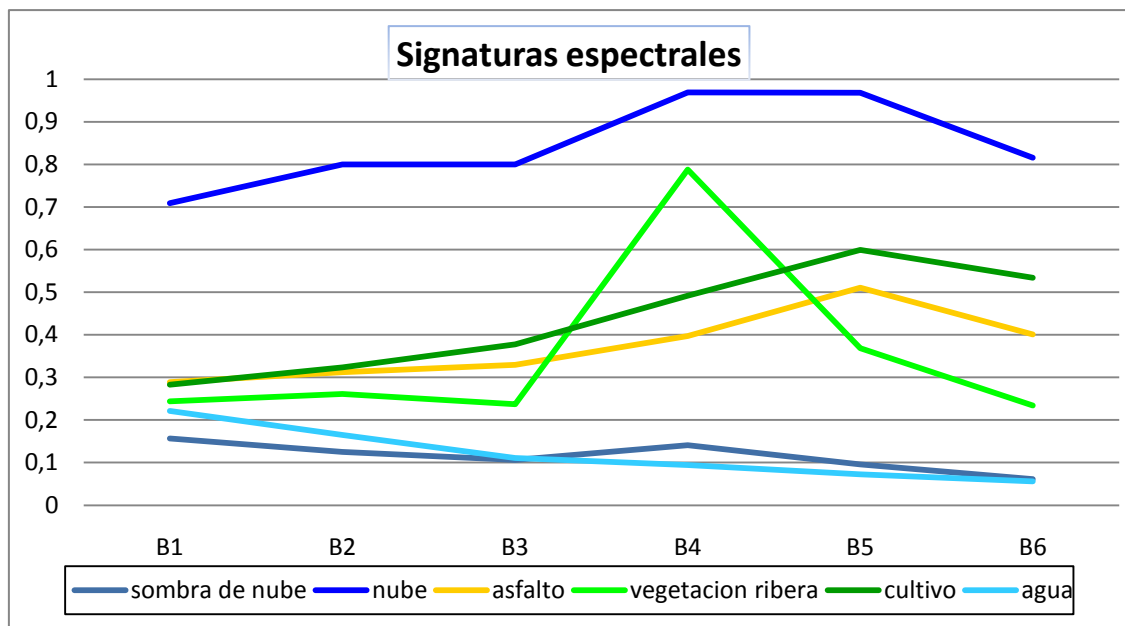
1. Desde la pestaña **Manage Data** seleccionamos la opción **Convert Pixels to ASCII**. Se despliega una ventana en la que tendremos que cargar nuestra imagen Landsat como **Input File**. También tendremos que indicar la capa AOI que queremos utilizar para proceder a la extracción de los valores espectrales en cada uno de sus puntos. En nuestro caso la capa AOI que hemos creado antes. Por último, habrá que indicar el nombre y ubicación del fichero de salida generado.



2. El fichero ASCII creado lo podemos abrir en **EXCEL** como un archivo delimitado, separado por espacios. Una vez abierto procedemos a su representación gráfica (recuerda que tienes que cambiar los puntos por comas para que EXCEL entienda que son valores decimales). Como podemos observar, además de la información contenida en la seis bandas, también incluye las coordenadas X e Y del pixel sobre el que caía cada punto. El orden de extracción corresponde al orden de creación de los elementos de la capa AOI. Podemos agregar una columna con su nombre.

|    | A                 | B      | C       | D  | E          | F          | G          | H          | I          | J |
|----|-------------------|--------|---------|--|------------|------------|------------|------------|------------|---|
| 1  |                   | F1     | :       | f:/disco_old_1/curso_erdas_junio/landsattm_firma_espectral.img |            |            |            |            |            |   |
| 2  |                   |        |         |  |            |            |            |            |            |   |
| 3  |                   | F1     |         |  |            |            |            |            |            |   |
| 4  |                   | X      | Y       | B1   | B2         | B3         | B4         | B5         | B6         |   |
| 5  | sombra de nube    | 594600 | 4515450 | 0.15699492   | 0.12496866 | 0.10611148 | 0.14072071 | 0.09574646 | 0.0616091  |   |
| 6  | nube              | 596130 | 4514970 | 0.70920765   | 0.7999779  | 0.79981178 | 0.96921825 | 0.9681378  | 0.81569833 |   |
| 7  | asfalto           | 548190 | 4496340 | 0.28874111   | 0.31215608 | 0.32925984 | 0.49751893 | 0.51080489 | 0.40123707 |   |
| 8  | vegetacion ribera | 532980 | 4477500 | 0.24389134   | 0.26110497 | 0.23708986 | 0.78779542 | 0.36860895 | 0.23430128 |   |
| 9  | cultivo           | 539010 | 4475310 | 0.28313488   | 0.32350078 | 0.37777033 | 0.4914715  | 0.59919697 | 0.53363442 |   |
| 10 | agua              | 522900 | 4473840 | 0.22146645   | 0.16467509 | 0.11096253 | 0.09443614 | 0.07268766 | 0.0558527  |   |
| 11 |                   |        |         |  |            |            |            |            |            |   |
| 12 |                   |        |         |  |            |            |            |            |            |   |
| 13 |                   |        |         |  |            |            |            |            |            |   |

3. Tan sólo quedaría elaborar el gráfico. También podríamos guardar los datos en otro formato.





## Tipos de sensores

*Un repaso a los sensores más utilizados en teledetección*

## Clasificación de sensores

### SENSORES PASIVOS

Recogen la radiación reflejada y emitida por el objeto estudiado



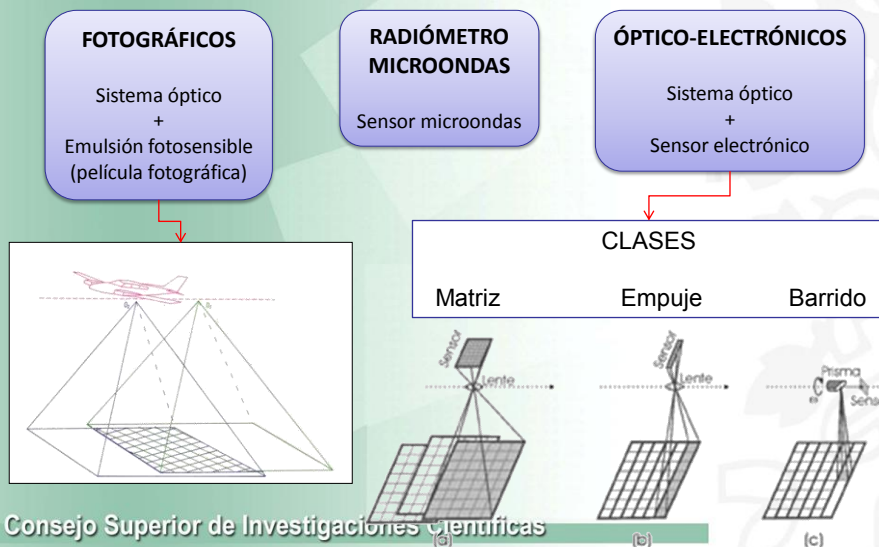
### SENSORES ACTIVOS

Emiten su propio haz de energía



© CCRS / CCT

## Sensores pasivos

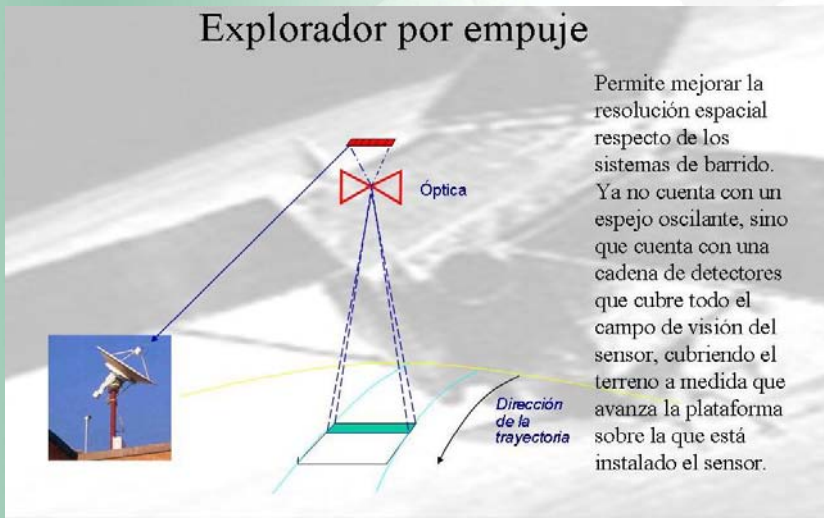


## Sensores pasivos



## Sensores pasivos

### Explorador por empuje



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

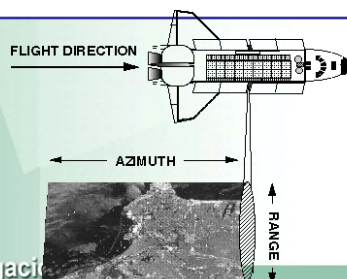
## Sensores activos

### Radar (Radio Detection and Ranging)

Emisor – receptor de microondas.

Aplicaciones:

- Radar de imágenes: vegetación, humedad, etc.
- MDEs (interferometría).
- Altimetría de la superficie marina. Detección vertidos.
- Dispersómetro de vientos: dirección y velocidad.



Consejo Superior de Investigaci

## Sensores activos



Imagen multi-temporal ERS del naufragio del Mar Egeo cerca de la Coruña (diciembre de 1992)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

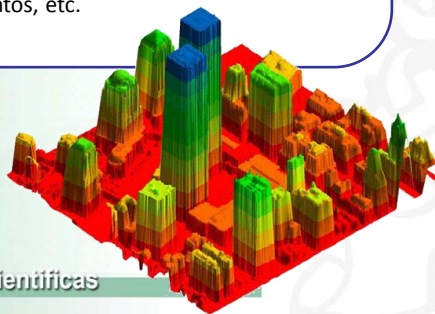
## Sensores activos

### Lidar (Light Detection and Ranging)

Pulsos de luz polarizada (del ultravioleta al infrarrojo cercano).

Aplicaciones:

- Atmósfera: partículas, humedad, presión, temperatura, etc.
- Cubiertas terrestres: manchas de aceite, algas, humedad en la vegetación, pigmentos, etc.
- MDEs.

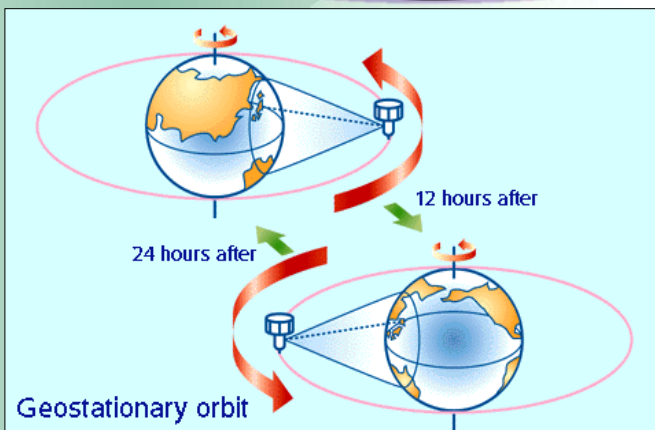


Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Órbitas de las plataformas espaciales

### Órbita geosíncrona

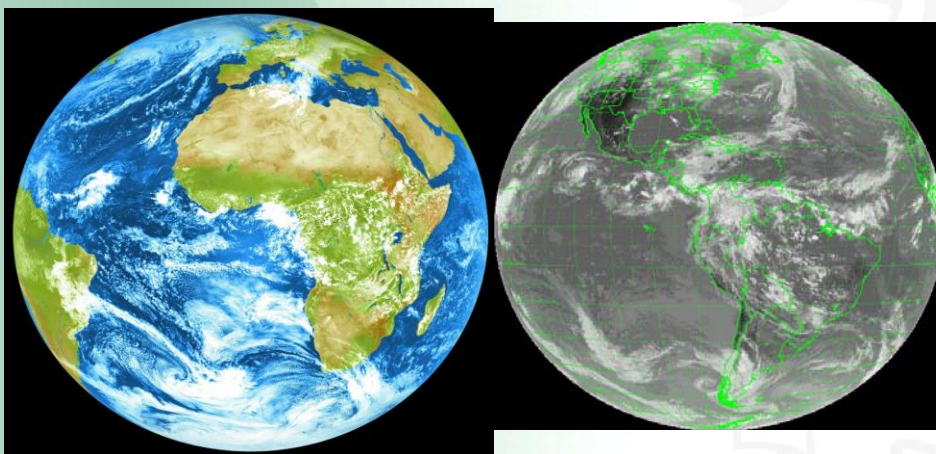


Como su nombre indica permanecen estables respecto de la Tierra observando siempre la misma parte de la superficie. Es el caso de los satélites meteorológicos.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Órbitas de las plataformas espaciales

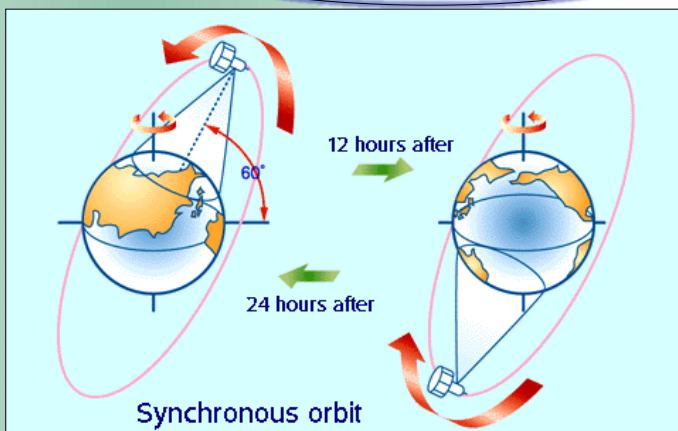
Imagen completas del Meteosat y GOES



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Órbitas de las plataformas espaciales

### Órbita heliosíncrona

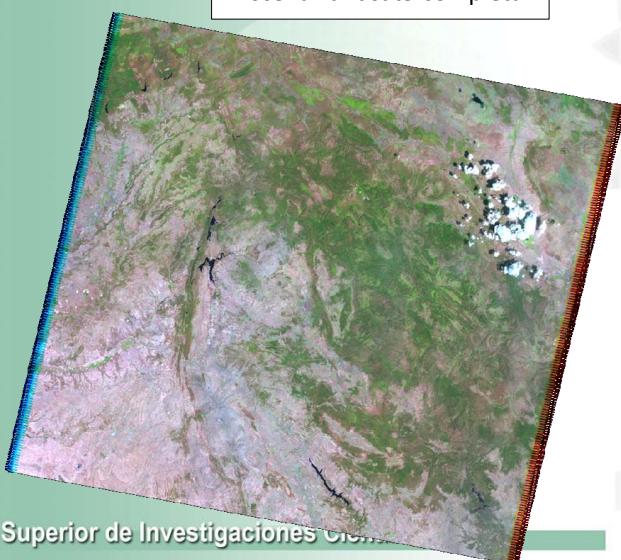


Describen órbitas alrededor de la Tierra que cubren cada cierto tiempo toda la superficie. El diseño obedece al interés de hacer que los sensores midan la radiancia de un punto de la superficie terrestre bajo las mismas condiciones de iluminación.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Órbitas de las plataformas espaciales

Escena Landsat5 completa



Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Órbitas de las plataformas espaciales

| Órbitas geoestacionarias   |                            |
|--|----------------------------|
| Ventajas   | Desventajas                |
| ✓ Visibilidad continua   | ✓ No se observan los polos |
| ✓ Visualización simultánea de un gran área (cerca de un tercio de la superficie terrestre) | ✓ Baja resolución espacial |

| Órbitas heliosíncronas                                   |   |
|--|---|
| Ventajas   | Desventajas   |
| ✓ Cobertura global                                       | ✓ No es posible una observación continua con un solo satélite |
| ✓ Alta resolución espacial                               |   |
| ✓ Buenas condiciones de iluminación de la zona observada |   |

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Satélites de teledetección más comunes

### Satélites de recursos naturales:

- Landsat (1-7)
  - RBV, MSS, TM, ETM+
- SPOT
  - HRV-P y XS
  - Vegetation
- IRS-C
  - Liss, Wifs.
- Terra, Aqua
  - ASTER, CERES, MISR, MODIS, MOPITT

### Meteorológicos:

- Meteosat-MSG2-Goes
- Nimbus
- NOAA-AVHRR
- DMSP
- Seawifs

### Satélites comerciales:

- Orbview
- Ikonos
- QuickBird

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Satélites de teledetección más comunes

### Características

#### LANDSAT

##### Landsat 7

Altura orbital: 705 km.  
Ciclo de recubrimiento: 16 días  
Área observada: 183 km

##### Sensor ETM+

Resolución espacial: 30 m.  
espectral: 7 bandas.  
radiométrica: 8 bits.  
Banda pancromática 15m.  
Banda térmica a 60 m

#### SPOT

##### SPOT 5

Altura orbital: 822km.  
Ciclo de recubrimiento: 26 días  
Área observada: 3600 km<sup>2</sup>

##### Sensor HRG

Resolución espacial: 10 m.  
espectral: 4 bandas.  
radiométrica: 8 bits.  
Banda pancromática 2'5m.

##### Sensor VEGETATION

Resolución espacial: 1km  
espectral: 4  
bandas:  
azul, rojo, IRP, IRM

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Satélites de teledetección más comunes

### Características

#### ASTER

##### Bandas:

4 en el espectro óptico (15 m)  
6 en IRM (30 m)  
5 en IRT (30 m)

Aplicaciones: coberturas terrestres, minerales,  
nubes, humedad, temperatura.

#### AVHRR

##### Bandas:

6 del verde al IRT (1 km)

Aplicaciones: cambios en las coberturas  
terrestres a escala global.

Resolución temporal: 6 horas

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Satélites de teledetección más comunes

### Características

#### MODIS

36 bandas:

Óptico – Infrarrojo Medio – Térmico

Resolución espacial: 250 – 500 – 1000 metros

Aplicaciones: nubes, aerosoles, vapor atmosférico, observación masas de agua, temperatura atmosférica y superficial

#### IKONOS

Bandas: Azul – Verde – Rojo – Infrarrojo Cercano

Resolución espacial: 0'82 m (Pan) – 3'2 m (Multi)

Aplicaciones: Urbanismo, seguridad nacional, transportes

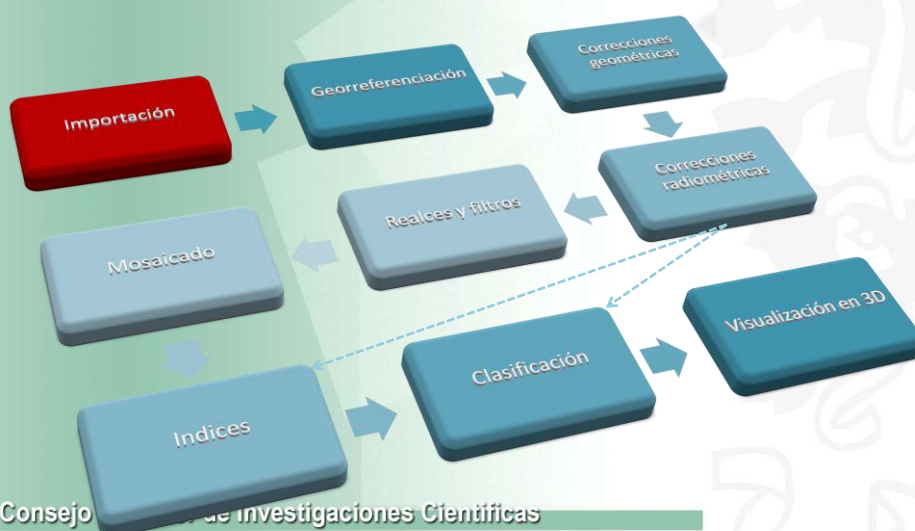
Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Adquisición e importación de imágenes

*Servidores de imágenes e importación de los archivos más habituales*

## Búsqueda y descarga de datos



## Búsqueda y descarga de datos

### Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)

- **Descarga de imágenes:**

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/>

- **Visualización vía web (servicio WMS):**

Dentro de la IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España)

Cliente ligero (navegador web): <http://www.idee.es>

Cliente pesado (Desktop SIG):  
<http://www.idee.es/wms/PNOA/PNOA?>

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Búsqueda y descarga de datos

### UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS):

Earth Resources Observation and Science (EROS) Center: <http://eros.usgs.gov/>

Productos:

- Landsat
- ASTER
- MODIS
- NOAA-AVHRR
- EO-1:
  - Hyperion
  - Advanced Land Imager (ALI)
- Imágenes de satélite desclasificadas
- SIR-C (Radar)

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Búsqueda y descarga de datos

### SERVIDORES DE IMÁGENES:

- USGS Global Visualization Viewer (GloVis): <http://glovis.usgs.gov/>

Imágenes: Landsat, ASTER, MODIS, EO-1 (Hyperion, ALI)

- EarthExplorer: <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>  
<http://edcsns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer/>

Imágenes: Landsat, NOAA-AVHRR, EO-1 (Hyperion, ALI), imágenes desclasificadas, SIR-C

- Land Processes Distributed Active Archive Center (NASA LP DAAC):  
<https://lpdaac.usgs.gov/>

Imágenes: ASTER, MODIS

- Warehouse Inventory Search Tool (WIST):  
<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome/>

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Búsqueda y descarga de datos

Quickbird: <http://www.digitalglobe.com/>

WorldView: <http://www.digitalglobe.com/>

IKONOS: <http://www.geoeye.com/>

OrbView-3: <http://www.geoeye.com/>

GeoEye: <http://www.geoeye.com/>

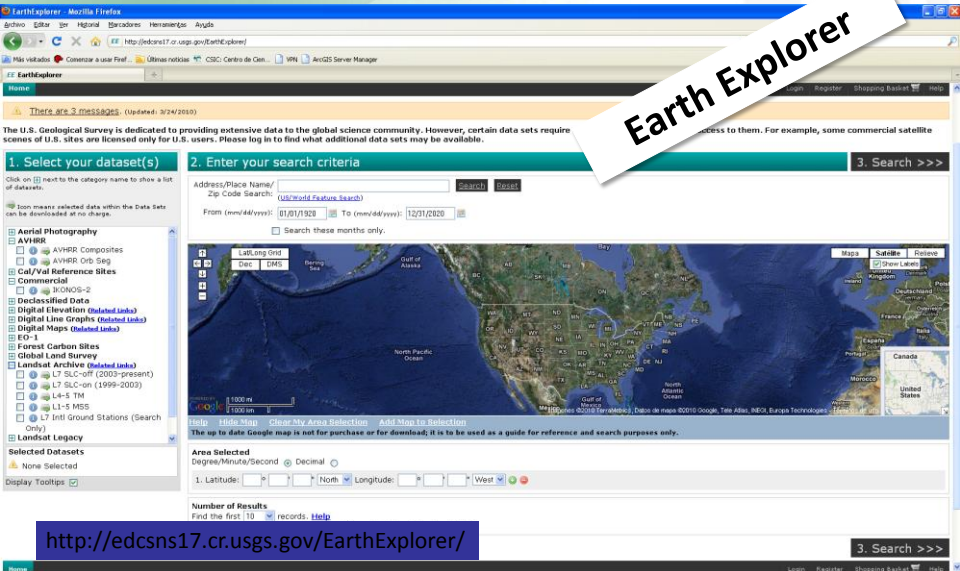
SPOT: <http://www.spotimage.com/>

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

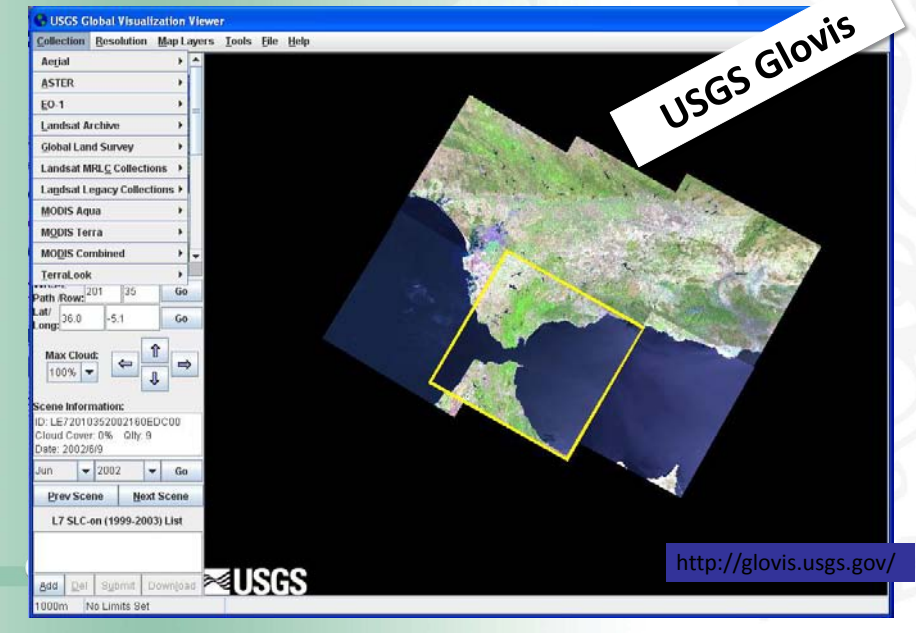


# Búsqueda y descarga de datos

Hoy en día hay muchos datos disponibles de forma gratuita en red.



# Búsqueda y descarga de datos



# Búsqueda y descarga de datos

The screenshot shows the NOAA CLASS (Comprehensive Large Area Array-Data Stewardship System) website. The main navigation bar includes links for HOME, WEATHER, OCEANS, FISHERIES, CHARTING, SATELLITES, CLIMATE, RESEARCH, COASTS, and CAREERS. The left sidebar contains a 'CLASS Home' link and a 'Search for Data' section with options like 'Upload Search', 'Shopping Cart', 'Order Status', 'Help', 'User Account', 'User Profile', 'User Preferences', 'Advanced Options', 'Download Keys', 'Release Info', 'Version 5.2.6', 'March 8, 2016', and 'Other Links'. The main content area shows a search for 'Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)' with a 'Search - AVHRR' button. Below this is a 'Data Description' section explaining the AVHRR system and its data types. A 'Details - Metadata, Documentation' section is also visible, showing a map of the study area and a table of coordinates.

**AVHRR Data**

**Data Description**

Advanced Very High Resolution Radiometer - The Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) is a cross-track scanning system with five spectral bands having a resolution of 1.1 km and a frequency of earth scans twice per day (0230 and 1430 local solar time). There are three data types produced from the POES AVHRR: The Global Area Coverage (GAC) data set is reduced resolution image data that is processed onboard the satellite taking only one line out of every three and averaging every four of five adjacent samples along the scan line; the Local Area Coverage (LAC) data set is recorded onboard at original resolution (1.1 km) for part of an orbit and later transmitted to earth; and the High Resolution Picture Transmission (HRPT) is real-time downlink data. A fourth data type, Full Resolution Area Coverage (FRAC 1.1 km) is now available daily for the entire globe with the launch of MetOp-A, on October 19, 2006. Europe's first polar orbiting operational meteorological satellite system and the first of the European contribution to the initial Joint Polar-Orbiting Operational Satellite System (JPSS). AVHRR data provide opportunities for studying and monitoring vegetation conditions in ecosystems including forests, tundra and grasslands. Applications include agricultural assessment, land cover mapping, producing image maps of large areas such as countries or continents, and tracking regional and continental snow cover. AVHRR data are also used to retrieve various geophysical parameters such as sea surface temperatures and energy budget data.

**Details - Metadata, Documentation**

**Spatial**

|          |        |
|----------|--------|
| 37.09    | -2.11  |
| 38.54    | -30.06 |
| Max Area |        |

22.07 - 10.00

[http://www.nsof.class.noaa.gov/saa/products/search?sub\\_id=0&datatype\\_family=AVHRR](http://www.nsof.class.noaa.gov/saa/products/search?sub_id=0&datatype_family=AVHRR)

[http://www.nsof.class.noaa.gov/saa/products/search?sub\\_id=0&datatype\\_family=AVHRR](http://www.nsof.class.noaa.gov/saa/products/search?sub_id=0&datatype_family=AVHRR)

## Práctica 2: Adquisición e importación de datos

### Adquisición

Hoy día existe una gran cantidad de servidores desde los que descargar imágenes de diferentes sensores. Muchos de los programas espaciales más veteranos permiten obtener datos de forma gratuita y, en muchos casos, con un alto nivel de procesamiento. Esto ocurre con muchos de los programas nacionales, no es el caso de la mayoría de los programas comerciales, centrados básicamente en imágenes de alta resolución espacial.

A continuación tenéis un listado de algunos servidores gratuitos de datos a los que se puede acceder generalmente a través de visores:

- **USGS Global Visualization Viewer (GloVis):** <http://glovis.usgs.gov/> Imágenes: Landsat, ASTER, MODIS, EO-1 (Hyperion, ALI)
- **EarthExplorer:** <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>  
<http://edcsns17.cr.usgs.gov/NewEarthExplorer/> Imágenes: Landsat, NOAA-AVHRR, EO-1 (Hyperion, ALI), imágenes desclasificadas, SIR-C
- **Land Processes Distributed Active Archive Center (NASA LP DAAC):** <https://lpdaac.usgs.gov/> Imágenes: ASTER, MODIS
- **Warehouse Inventory Search Tool (WIST):**  
<https://wist.echo.nasa.gov/~wist/api/imswelcome/>

Desde otros puntos podéis encontrar imágenes de programas comerciales:

- <http://www.digitalglobe.com/> Imágenes Quickbird
- <http://www.geoeye.com/> Imágenes IKONOS, Orbview-3 y GeoEye
- <http://www.spotimage.com/> Imágenes SPOT

## El proceso de importación en ERDAS

El formato nativo de ERDAS es *.img*, como ya hemos visto. Vamos a ver cómo sería la importación de los formatos en los que podemos conseguir imágenes de forma más habitual.

En la carpeta de datos encontraréis una imagen ASTER en formato HDF, un formato habitual para grandes cantidades de datos. Podemos comprobar el formato en el que se encuentra la imagen abriendo el archivo *README* desde el WordPad:

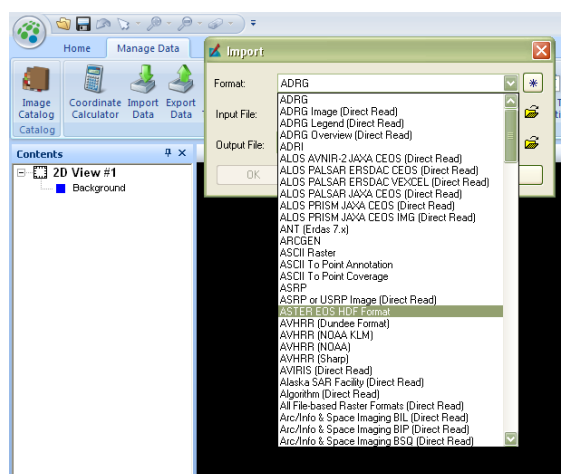
```

README - WordPad
Archivo  Edición  Ver  Insertar  Formato  Ayuda

BEGIN_README = ReadMeHeader;
Create_Date = "2005-06-09T01:00:05.000000Z";
Order_ID = 14236685;
DPR_ID = "DPR-200506081639";
Device_Type = 2;
Volume_Seq = 1;
Volume_Div = 1;
User_Name = "Marcello . Maranesi";
Contents_No = 11;
Format = "HDF";
Maker = "ERSDAC";
Products_count = 1;
END_README = ReadMeHeader;
BEGIN_PRODUCT = Product;
Browse_hdf = "yes";
Browse_hdf_file = "prbr0110.brs";
Browse_hdf_file_real = "pg-BR1A0000-2004070501_005_011";
Browse1 = "yes";
Browse_file1 = "prbr0111.jpg";
Browse_file_real1 = "pg-BR1A0000-2004070501_005_011";
Browse2 = "yes";
Browse_file2 = "prbr0112.jpg";
Browse_file_real2 = "pg-BR1A0000-2004070501_005_011";
Browse3 = "yes";
Browse_file3 = "prbr0113.jpg";
Browse_file_real3 = "pg-BR1A0000-2004070501_005_011";
File_count = 1;
FILE = "prdat011.dat";
FILE_real = "pg-BR1A0000-2004070501_005_011";
Sensor_Type = "VYST";
Granule_Id = "ASTL1A 0406250733060407050129";
END_PRODUCT = Product;

```

Desde la pestaña **Manage Data** seleccionamos la opción **Import Data** y desplegamos el listado de tipos de archivo hasta encontrar **ASTER EOS HDF Format**:



Una vez seleccionado el tipo de datos podemos guardarlos de forma que al abrir el cuadro de diálogo de importación nos aparezca esta opción por defecto. En el

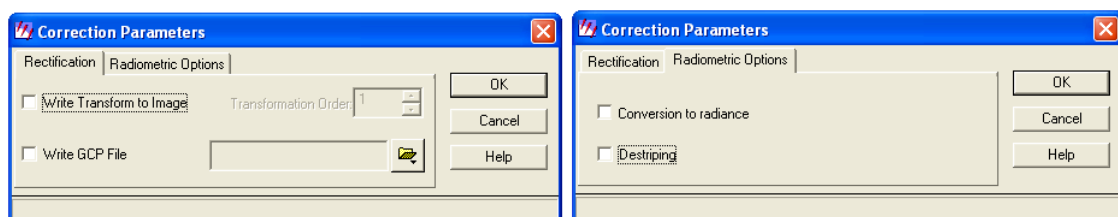
desplegable de **Media** debemos elegir **File** y conviene hacer clic sobre el asterisco, ya que será seguramente lo más habitual.

Navegamos hasta la carpeta de datos y seleccionamos el archivo *PRDAT011.DAT*. El archivo de salida lo vamos a llamar *aster\_b1.img*, en la carpeta de resultados.

Aceptamos y se abre una nueva ventana:

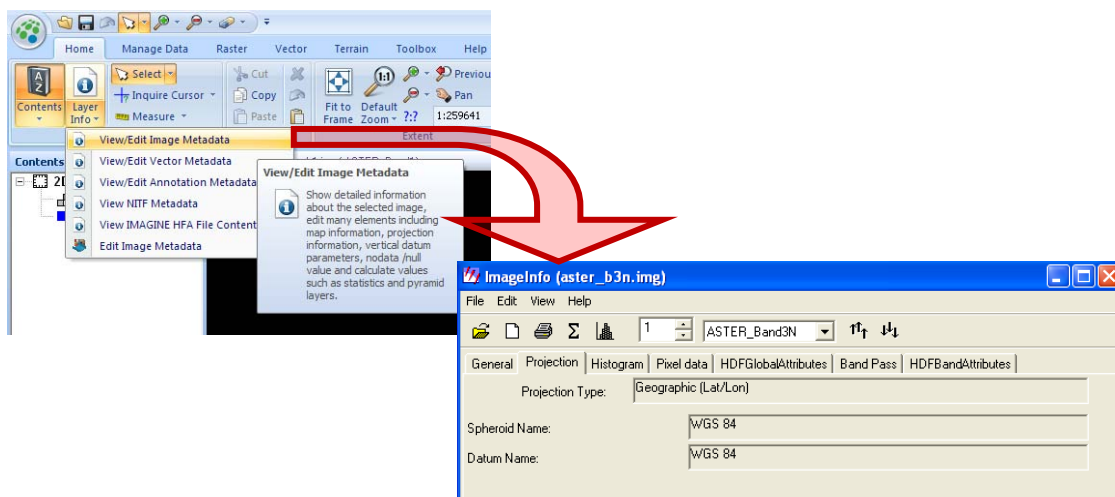


El programa ya ha recolectado la información de la imagen y nos pregunta qué banda queremos importar. Recordamos que las imágenes ASTER tienen 3 sensores, VNIR, SWIR y TIR, cada uno con una resolución espacial distinta. Vamos a importar las bandas 1, 2 y 3N del sensor VNIR, que se corresponden con el verde, rojo e infrarrojo cercano. Pulsando en el botón de **Next Image** podemos elegir la banda a importar, y desde el botón de **Correction** tenemos varias opciones más:

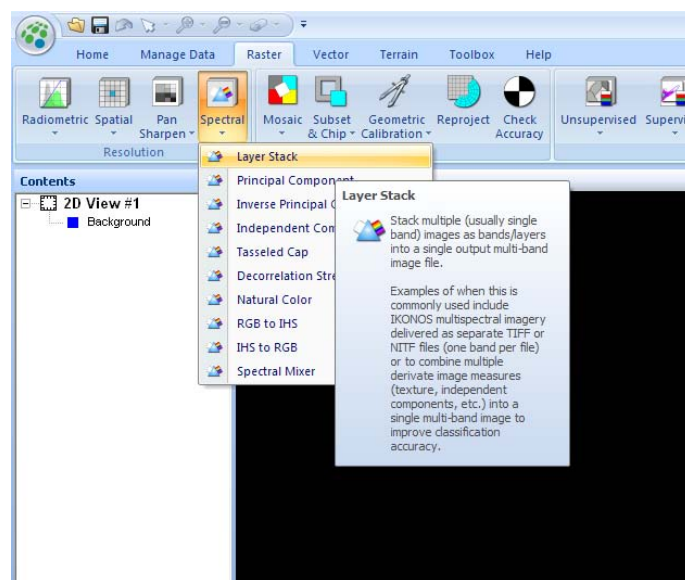


En la pestaña de **Rectification** seleccionamos la opción **Write Transform to Image** para realizar una georreferenciación en función de los parámetros orbitales almacenados en la cabecera de la imagen. Como la cabecera también cuenta con los datos de sesgo y ganancia, podemos seleccionar la conversión a radiancia desde la pestaña de **Radiometric Options** o corregir el bandeo típico de un sensor de empuje seleccionando la opción **Destriping** (no es necesario seleccionar estas opciones).

Importamos la banda 1 georreferenciada y a continuación hacemos lo mismo con la 2 y la 3N: *aster\_b2.img* y *aster\_b3n.img*. Abrimos un visor para examinar el resultado y vemos cómo las imágenes ya cuentan con su sistema de coordenadas. Visualizamos los metadatos de la imagen: hay una serie de pestañas nuevas con la información de cabecera contenida en el archivo original HDF:

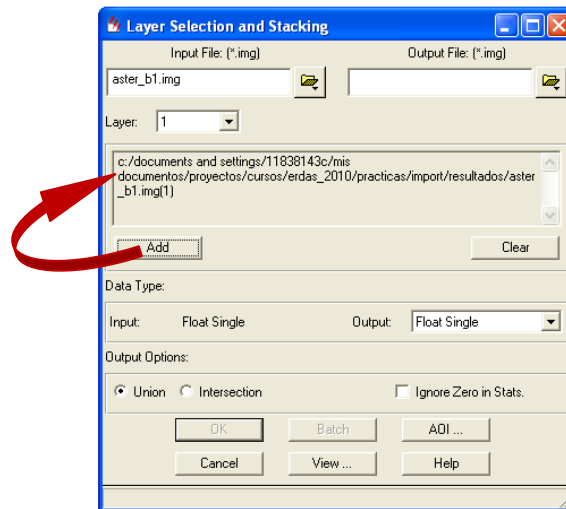


Por último nos queda componer una sola imagen que cuente con las tres bandas que acabamos de importar. Esto se hace desde la pestaña **Raster – Spectral – Layer Stack**:



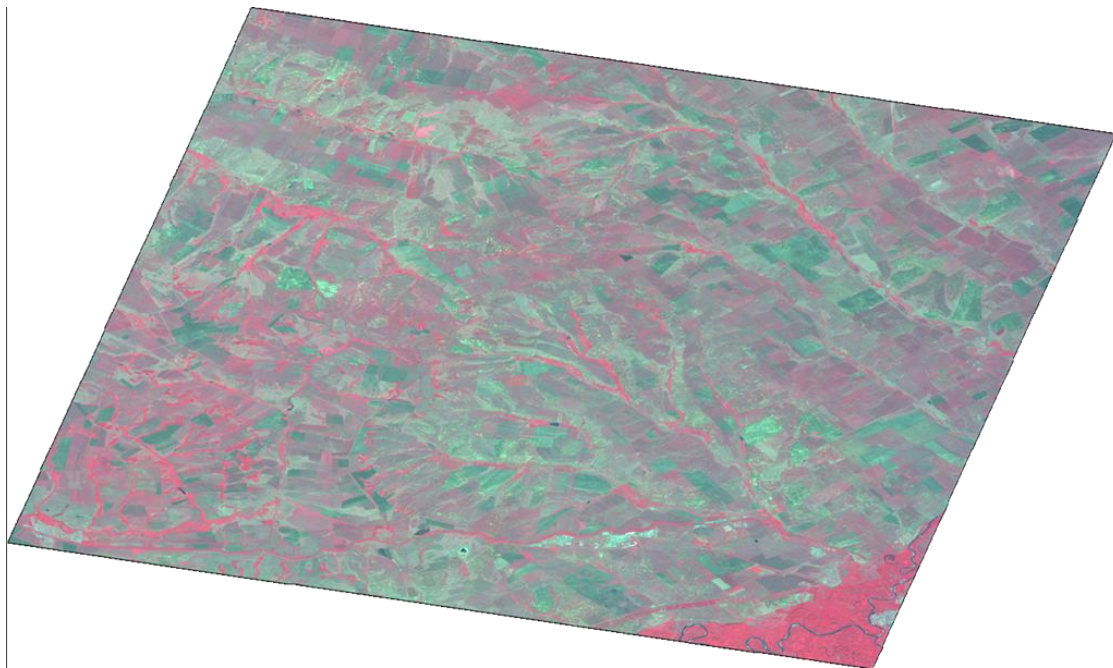


Como imagen de entrada seleccionamos la primera banda que hemos importando *aster\_b1.img*, y pulsamos el botón de **Add**:



La imagen ya se ha añadido a la composición que estamos creando. Realizamos la misma operación con las otras dos imágenes, tecleamos un nombre para la imagen de salida en la carpeta de resultados, *aster\_vnir.img*, seleccionamos la salida como **Unsigned 8 bits**, ya que hemos importado los Niveles Digitales, sin convertir a radiancia, y aceptamos.

Ahora ya tenemos la imagen con todas las bandas del sensor VNIR:





## Correcciones geométricas

### Esencia de la corrección geométrica



## Esencia de la corrección geométrica

- Generar funciones que permitan convertir coordenadas de imagen a coordenadas de mapa:
  - $F(c') = f1(c, l)$ .
  - $F(l') = f2(c, l)$ .
- Referencia puede ser un mapa o una imagen de otra fecha.
- Problemas: esfericidad terrestre, distorsión panorámica, movimiento rotación.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Georreferenciación

The screenshot shows the ArcMap interface with the 'Spatial Adjustment' toolbar active. A dialog box is open displaying the 'Description' tab for a horizontal coordinate system. The dialog includes the following information:

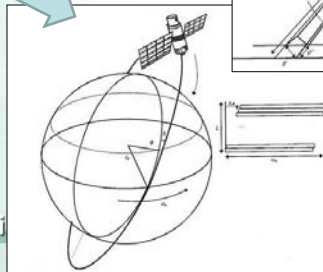
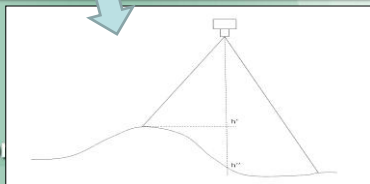
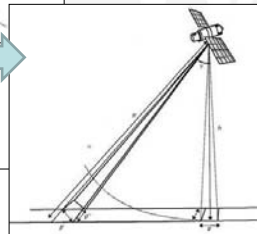
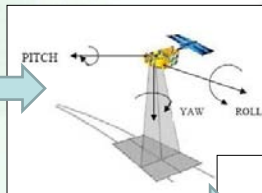
- Horizontal coordinate system**
  - Projected coordinate system name: WGS\_1984\_UTM\_Zone\_40N
  - Geographic coordinate system name: GCS\_WGS\_1984
- Details**
- Bounding coordinates**
  - Horizontal**
    - In decimal degrees**
      - West: 54.495417
      - East: 55.058910
      - North: 52.401181
      - South: 52.107403
    - In projected or local coordinates**
      - Left: 329574.074938
      - Right: 367099.074938
      - Top: 5807455.663933
      - Bottom: 5775905.663933

The background of the dialog shows a satellite image of a landscape with a grid overlay, representing the georeferenced data.

## Fuentes de error

### Distorsiones geométricas:

- provocadas por la plataforma: aleteo, cabeceo, giro lateral
- provocadas por el sensor: distorsión al alejarse del nadir
- provocadas por la rotación terrestre: inclinación de la imagen
- Cambio de escala por la altitud



## Georreferenciación

### Según **parámetros orbitales**:

- Generalmente incluidos en la cabecera de la imagen:
  - Posición exacta del satélite
  - Altitud
  - Velocidad de barrido
  - Velocidad plataforma
  - Meridiano de cruce con el Ecuador
- Muy adecuada cuando no hay puntos de control: superficie marina, imágenes de baja resolución espacial

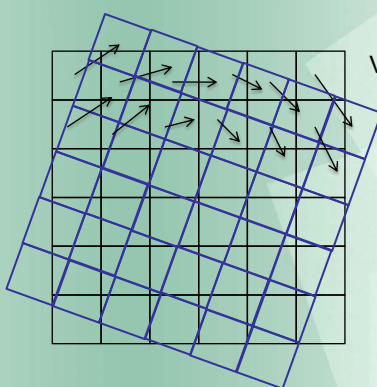
## Georreferenciación

Mediante **puntos de control**. Fases:

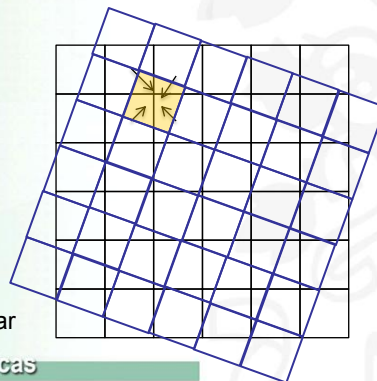
- Establecimiento puntos de control
- Cálculo de la función de transformación
- Transferencia ND:
  - Vecino más próximo
  - Interpolación bilinear (4 vecinos)
  - Convolución cúbica (16 vecinos)
- Evaluación ajuste. RMSE

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Georreferenciación: transferencia ND



Vecino más próximo



Interpolación bilinear

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Georreferenciación: evaluación error

Raíz del error medio cuadrático

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_N^2}{N}}$$

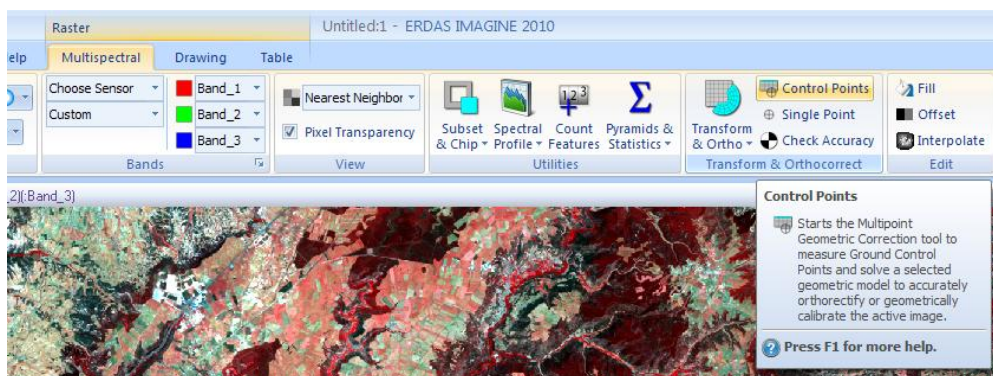
Lo ideal es que no supere el tamaño del píxel

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

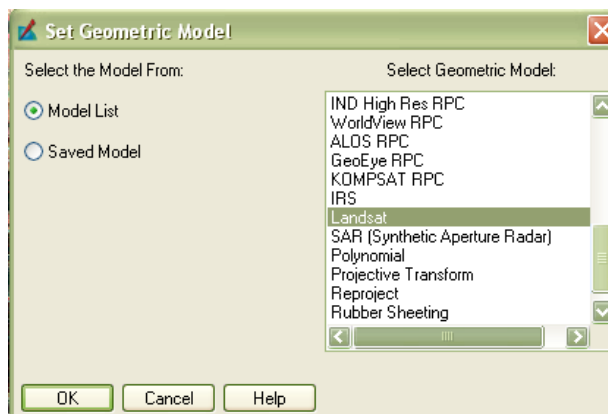


## Práctica 3.1: Georreferenciación

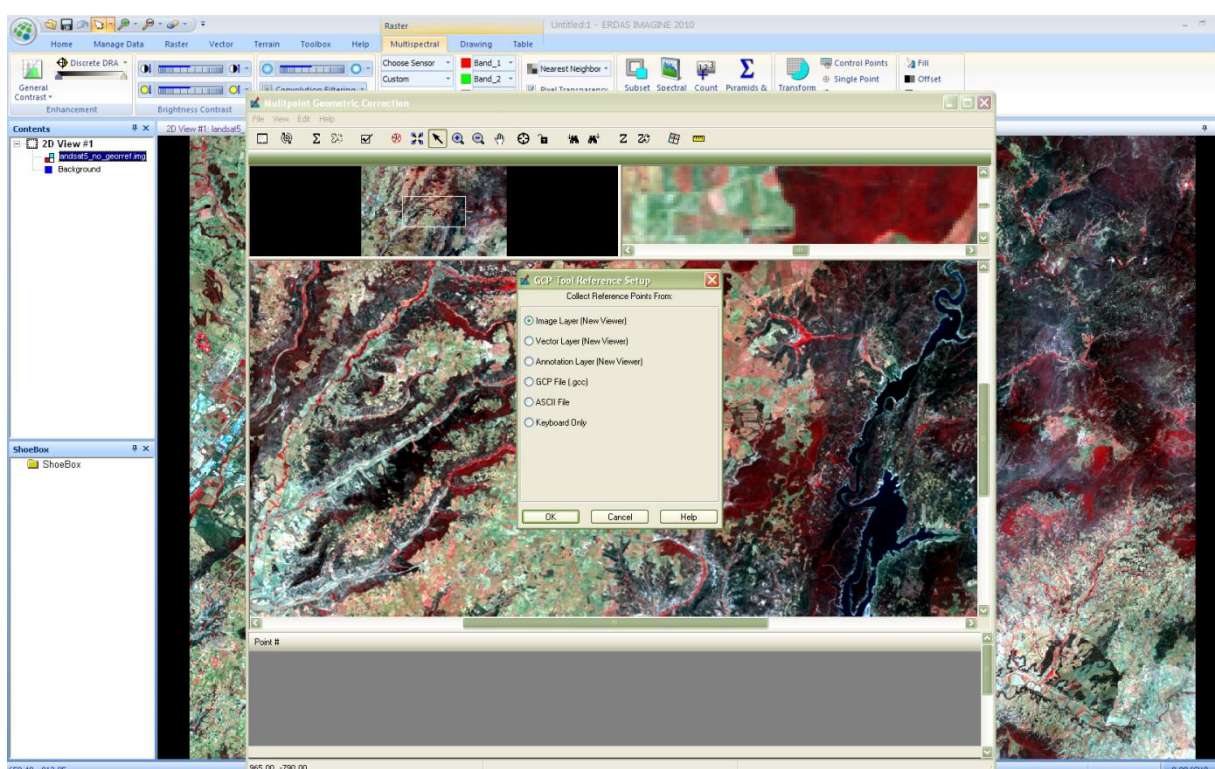
Abrir la imagen *landsat5\_no\_georref.img* dentro de la carpeta “*practicass3\_1*”. Desde la pestaña **Multispectral** seleccionar la opción **Control Points**.



A continuación un cuadro de diálogo nos pide que seleccionemos el modelo geométrico del sensor. En este caso seleccionamos **Landsat**.

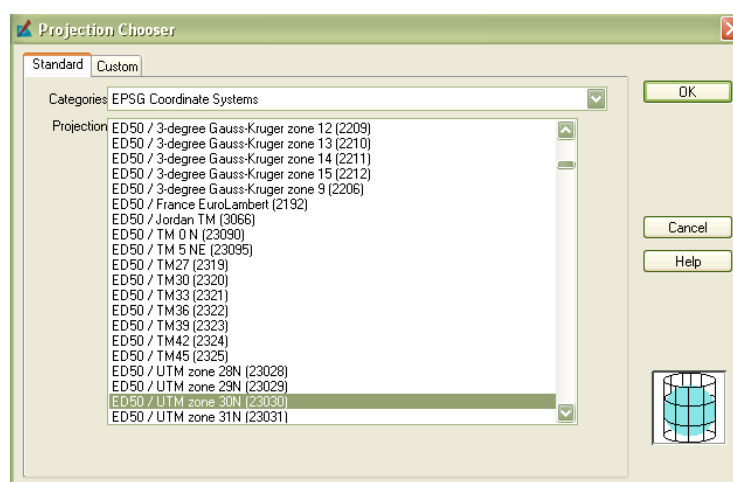


A continuación se abre una ventana con varias divisiones y un cuadro de diálogo para especificar el método para introducir las coordenadas de referencia para los puntos de control. En este caso vamos a introducir las coordenadas desde el MTN25, que tenemos en formato digital y georreferenciado, por lo que seleccionamos la opción **Image Layer**, que nos abrirá un nuevo visor con la imagen de referencia:



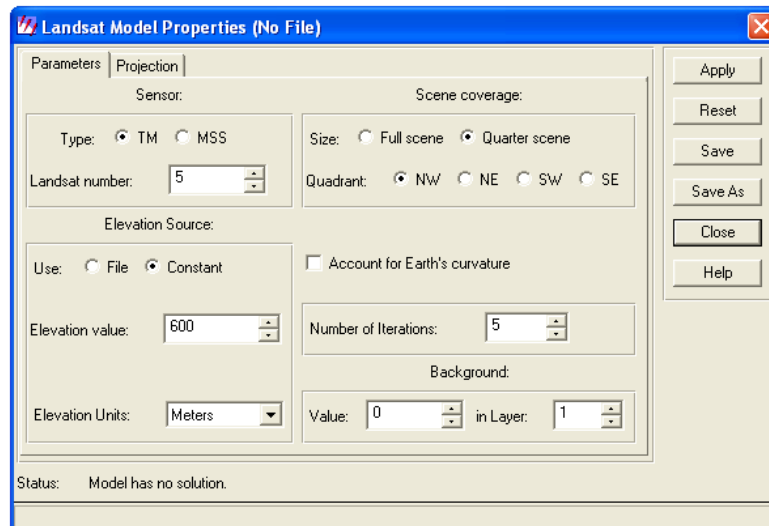
Al pulsar **OK** se abre un nuevo cuadro para seleccionar la imagen; navegamos hasta la carpeta de prácticas para seleccionar la imagen *mtn25.img*.

Nos pide que seleccionemos el sistema de referencia en el que se encuentra la imagen de referencia. De momento especificamos que las coordenadas son en metros y aceptamos, a continuación definimos la proyección (ED50 / UTM zona 30):



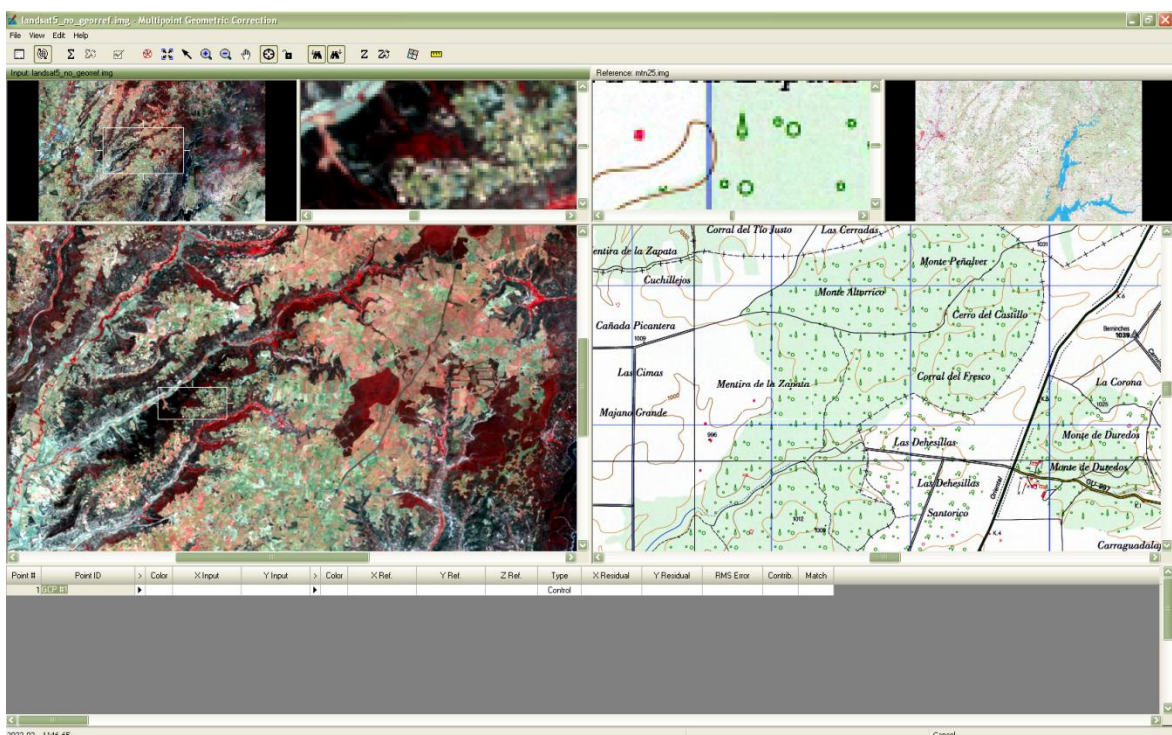
En la pestaña de Parameters hay que especificar el sensor Landsat de que se trata (5 en nuestro caso) y si se trata de una escena completa o de un cuarto de escena (en

nuestro caso es el cuarto NW). En el caso de que dispongamos de un modelo digital de elevaciones de la zona podemos incorporarlo en el modelo, como no es así, nos limitamos a especificar una altitud constante representativa de nuestra zona de estudio (600 metros).



Nota: Podemos salvar nuestro modelo como un archivo de extensión *.gms* para abrirlo más adelante desde la ventana de **Model Properties**.

Las propiedades del modelo que acabamos de definir se pueden modificar a lo largo del proceso desde la opción del menú **Display Model Properties**






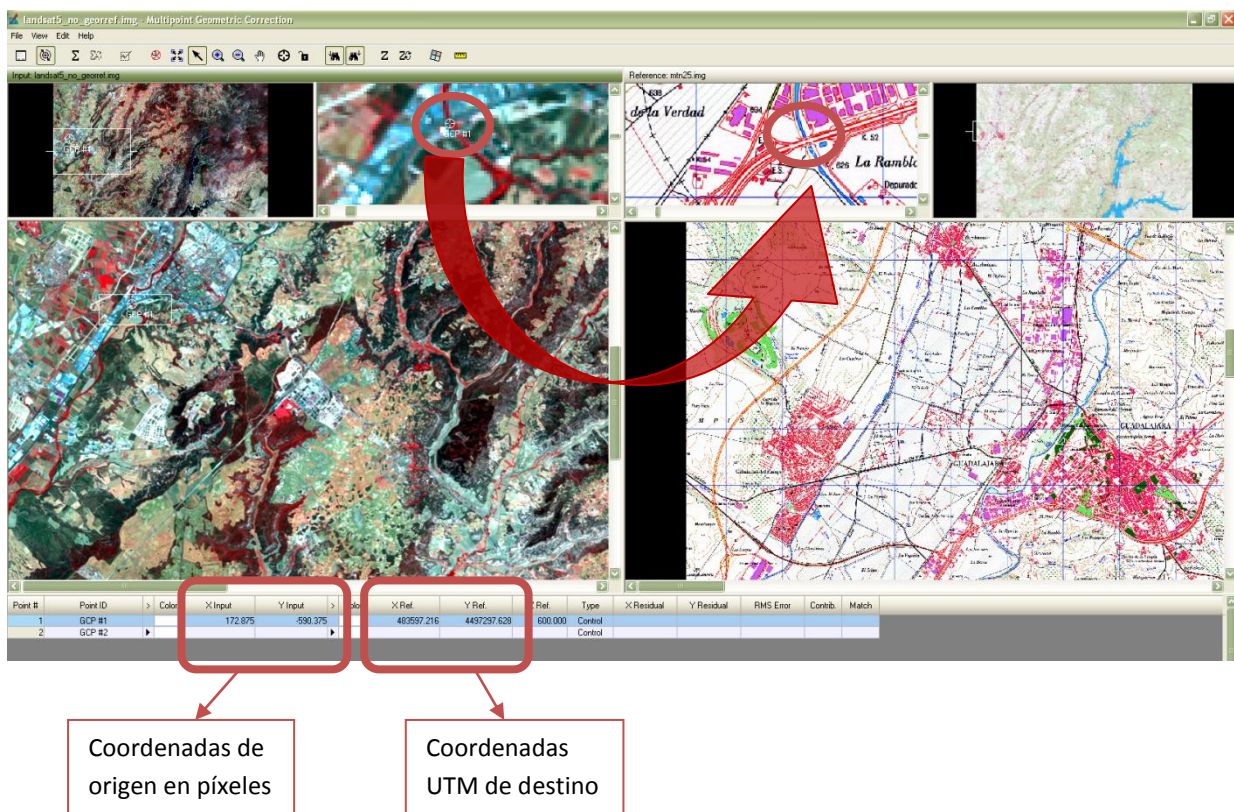
A partir de este momento ya podemos comenzar a introducir los puntos de control.

La ventana aparece dividida en cuatro visores, los de la izquierda muestran la imagen que vamos a corregir y los de la derecha la imagen de referencia. Los grandes muestran la imagen ampliada y los pequeños el detalle de la zona sobre la que vamos a introducir los puntos de control.

En la parte inferior tenemos la herramienta iremos visualizando los puntos introducidos y, una vez hallamos calculado el modelo, su error.

Haciendo click en la herramienta de creación de GCPs (Ground Control Point)  podemos empezar a introducir los puntos de control, pinchando primero en la imagen a corregir y luego en la de referencia.

Para ello hay que seleccionar puntos homólogos en las dos imágenes, digitalizar primero sobre la imagen de origen y a continuación sobre la imagen de referencia. Vemos cómo en la ventana de los GCP aparece un nuevo punto con coordenadas imagen de origen y coordenadas UTM de referencia:

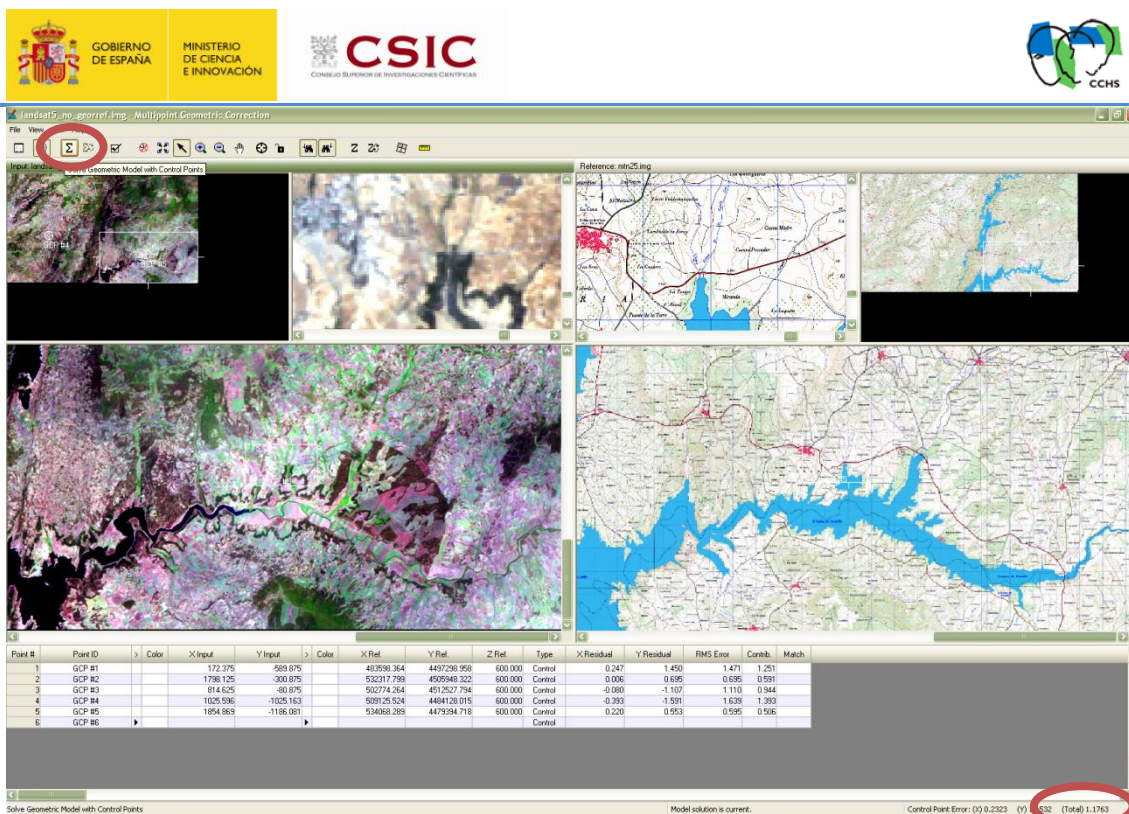


| Point # | Point ID | X Input | Y Input | X Ref      | Y Ref       | Ref     | Type    | X Residual | Y Residual | RMS Error | Contrib | Match |
|---------|----------|---------|---------|------------|-------------|---------|---------|------------|------------|-----------|---------|-------|
| 1       | GCP #1   | 172.875 | 590.375 | 483597.216 | 4437297.628 | 600.000 | Control |            |            |           |         |       |
| 2       | GCP #2   |         |         |            |             |         | Control |            |            |           |         |       |

Coordenadas de origen en píxeles

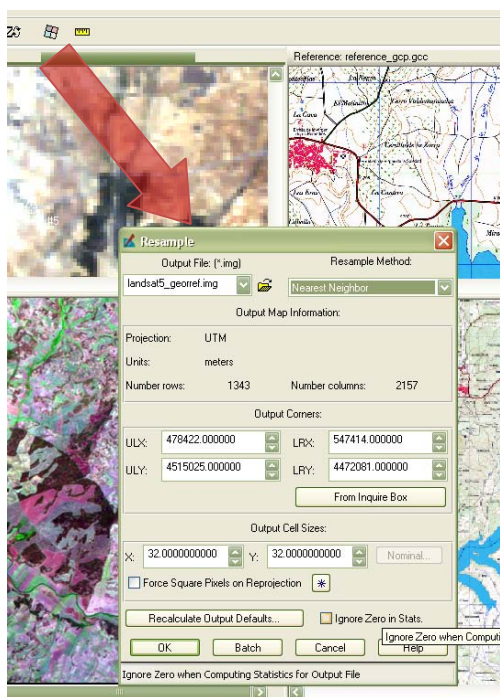
Coordenadas UTM de destino


Cuando hayamos introducido un número suficiente de puntos de control como para completar el modelo podemos calcular los residuos haciendo clic en el botón del sumatorio  $\Sigma$ :



Así obtenemos el error de cada punto y el error medio cuadrático general, que es mostrado en la zona inferior izquierda. Por defecto el programa muestra los errores en píxeles, por lo que tenemos que intentar obtener un error inferior a 1 para asegurarnos una buena georreferenciación.

Nota: Podemos salvar los puntos que hemos ido introduciendo desde **file – save input** y **file – save reference**.



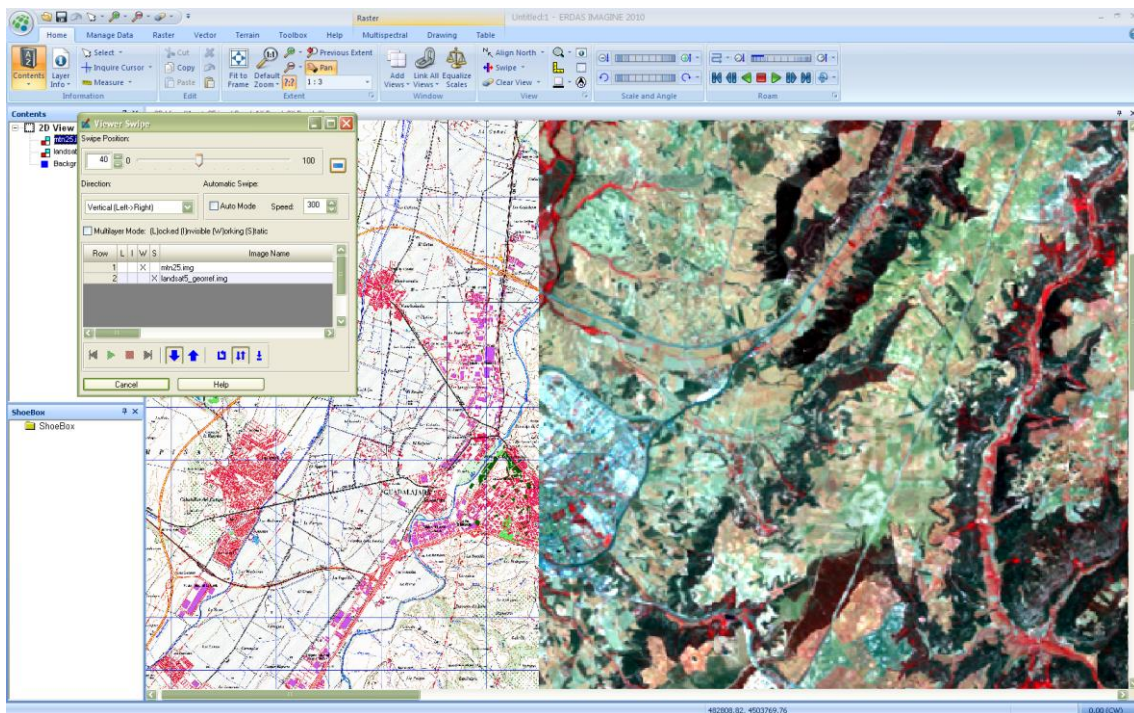
Cuando consideremos que el ajuste es suficiente pasamos a rectificar la imagen. haciendo click sobre el botón de remuestreo  pasamos a determinar el método de remuestreo y el nombre de la imagen de salida.


Elegimos **Nearest Neighbor** y le damos un nombre a la imagen de salida, *landsat5\_georef.img* y aceptamos. Se comienza a realizar el proceso de rectificación.

Una vez terminado podemos visualizar el resultado desde un visor de ERDAS o de ArcGIS y, si queremos, superponer el MTN25 para comprobar que el resultado es correcto,



mediante la utilidad **swipe**:



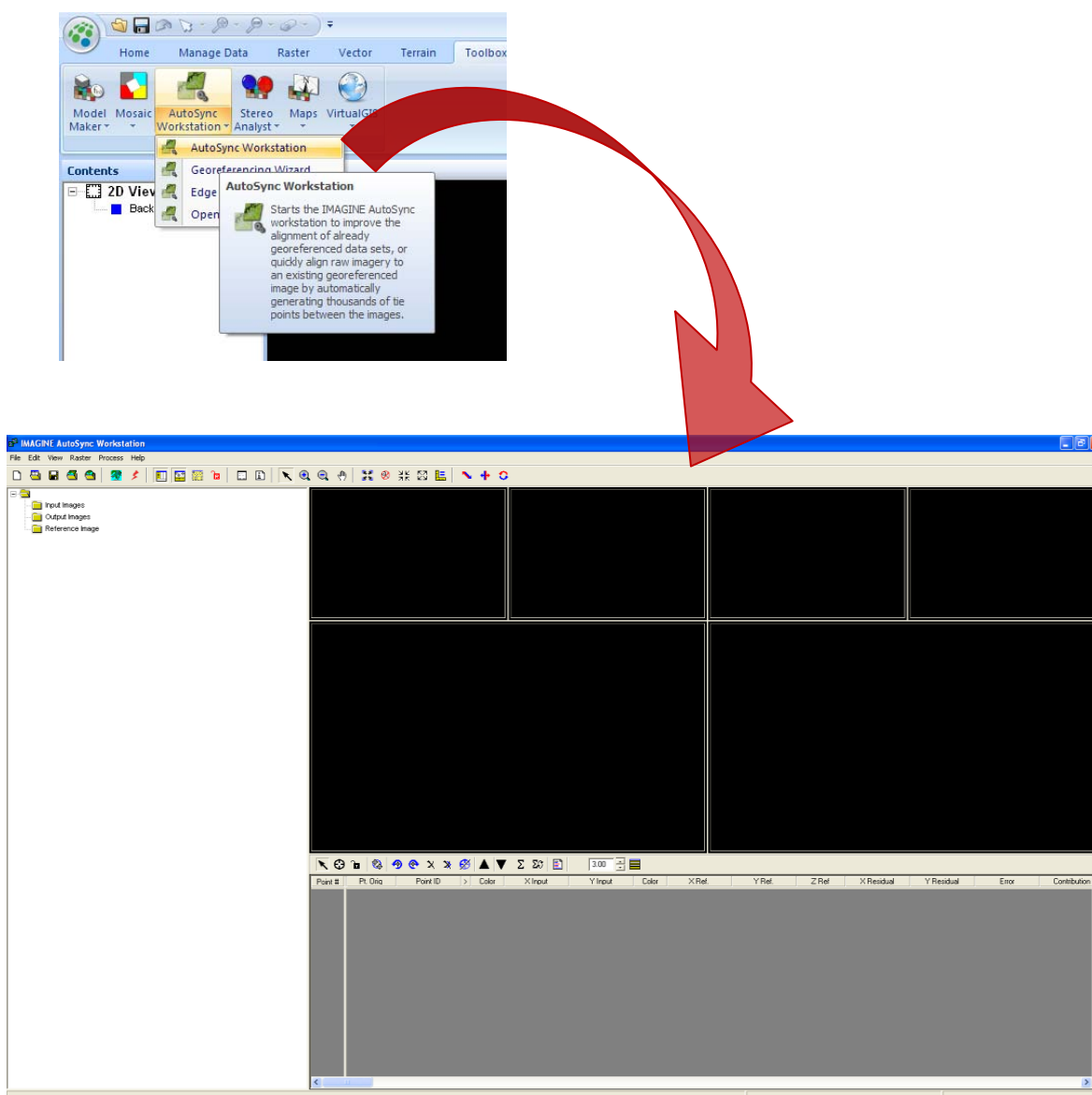
El proceso finaliza con la calibración de la imagen desde la opción **Calibrate Image** . Este proceso calibra la imagen original, asignándole el sistema de referencia que hemos elegido. No es necesario realizarlo si ya hemos generado otra imagen de salida.

Un mensaje nos advierte de que con este proceso finalizamos la georreferenciación y por lo tanto el módulo de georreferenciación se cerrará. Aceptamos. Cuando termina el proceso de calibración se cierran las ventanas del modelo y sólo conservamos los visores con la imagen original calibrada.



## Práctica 3.2: Corregistro de imágenes

Cuando nuestra intención no es tanto georreferenciar una imagen como superponer una serie de imágenes (una serie temporal de imágenes de una misma zona, por ejemplo), tenemos la posibilidad de utilizar la herramienta **Autosync**, a la que se accede desde el menú principal desde la pestaña **Toolbox**, seleccionando **Autosync Workstation**:

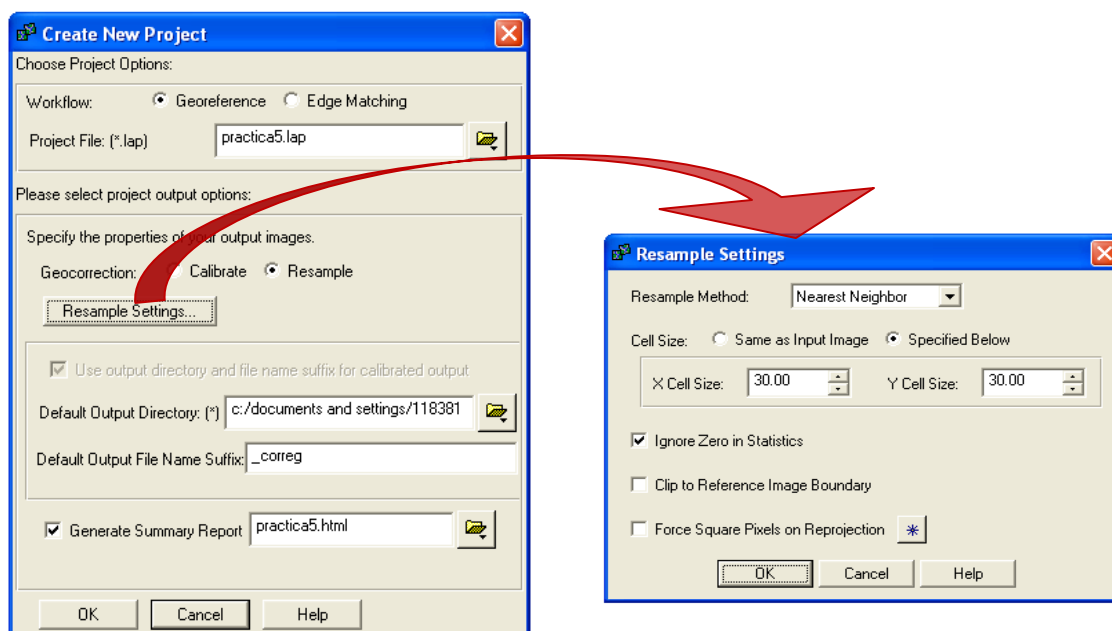


La interfaz de este módulo consta más o menos de los mismos elementos que el módulo de georreferenciación: tres visores para cada imagen, la de referencia y la imagen a corregir, la herramienta para controlar la introducción de puntos de control abajo y, a la izquierda el árbol en el que visualizamos las imágenes con las que estamos trabajando: una de referencia, una o varias a corregir y los resultados. De esta forma podemos controlar el flujo de trabajo para varias imágenes a la vez.


Al abrir el módulo de **Autosync** se nos ofrece la posibilidad de abrir un proyecto existente o crear uno nuevo. Elegimos la opción de crear nuevo proyecto y a continuación establecemos los parámetros del mismo:

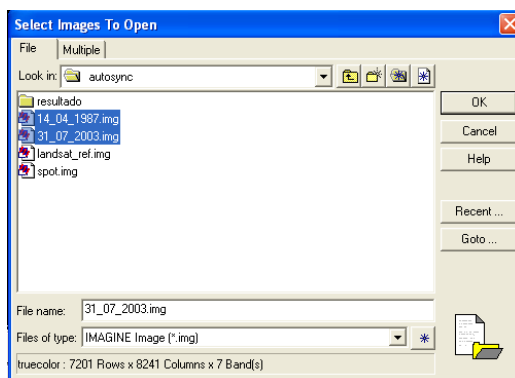
Hay que especificar que se trata de un proyecto de georreferenciación, no de unión de bordes, y que el objetivo es remuestrear una imagen. Elegimos por lo tanto **Georeference** y **Resample**. Al elegir la opción de remuestrear debemos especificar también los parámetros del remuestreo haciendo clic en el botón de **Resample Settings**: Vecino más próximo, tamaño de celda (30 metros) y la opción de recortar el resultado a la misma extensión de la imagen de referencia.

Por último establecemos un directorio de salida, un nombre para el proyecto, un sufijo para las imágenes corregidas y un archivo en el que se almacenarán un informe del proceso:




Nota: la configuración de remuestreo establecida ahora se puede cambiar en cualquier momento del proceso editando las propiedades del proyecto

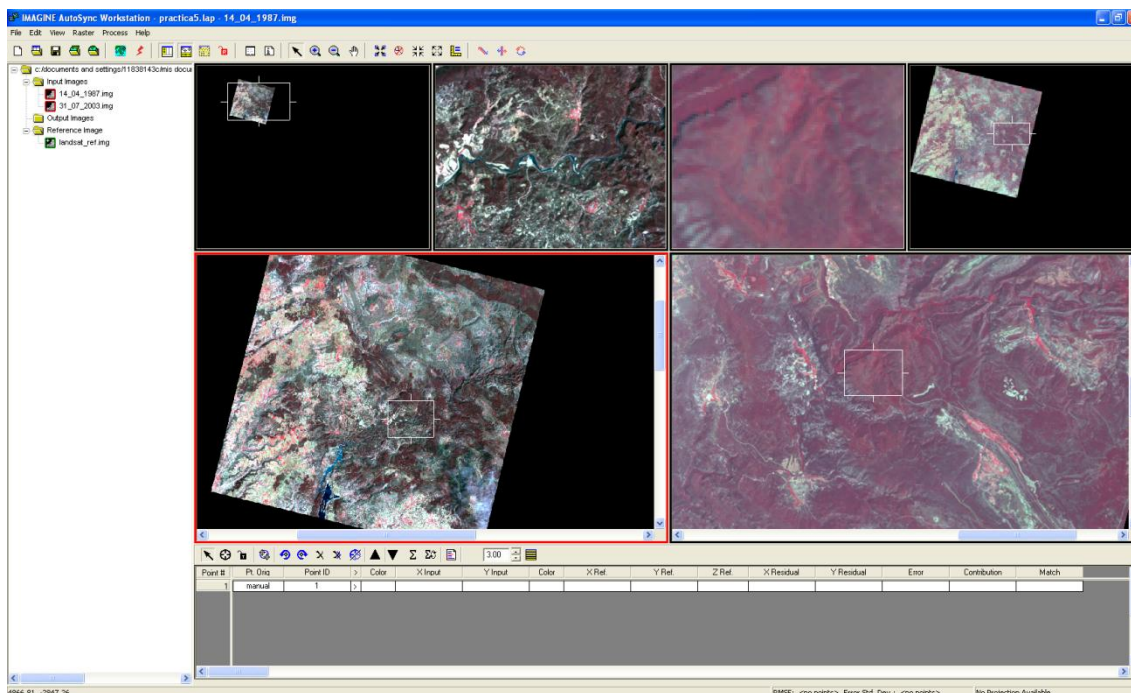
Como imágenes a corregir abrimos dos imágenes más antiguas desde el botón de **Open input images** :




Nuestro objetivo es corregir estas imágenes de años anteriores de la misma zona que nuestra imagen de referencia, pero sin ningún sistema de referencia, para superponerlas y poder realizar un estudio temporal.

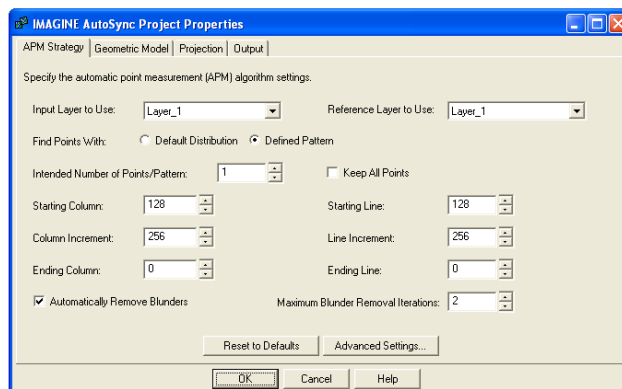
A continuación abrimos la imagen de referencia, *landsat\_ref* desde el botón **Open reference images** .

Una vez cargadas las imágenes en el proyecto comprobamos que aparecen en los visores, las imágenes a corregir a la izquierda y la de referencia a la derecha:

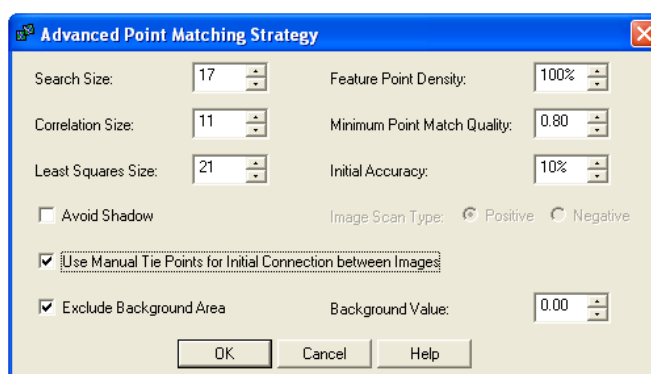


Nota: haciendo clic con el botón derecho sobre las imágenes podemos establecer la combinación de colores que prefiramos para visualizarlas.

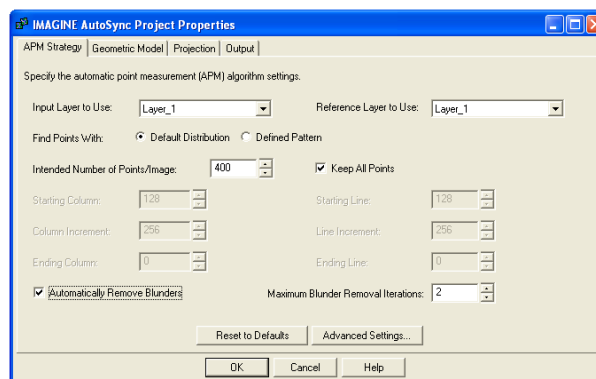
A continuación terminamos de configurar el resto de parámetros desde la ventana del proyecto, haciendo clic en el botón **Edit Project Properties** :



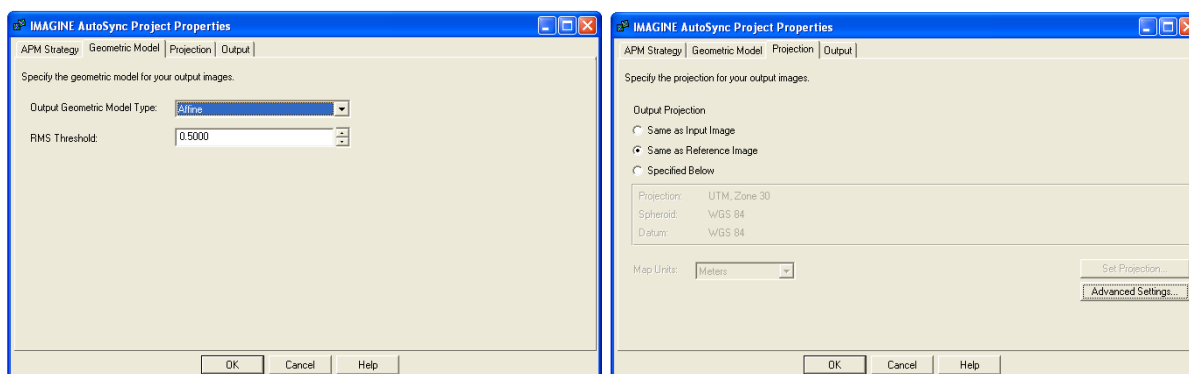
En la pestaña de **APM** (Automatic Point Measurement) se configura el modo en que el programa busca automáticamente puntos homólogos (para realizar esta operación será necesario haber introducido manualmente los puntos necesarios para completar el modelo). Esto se realiza en función de la similitud espectral de la banda que especifiquemos en esta pestaña, mediante una patrón de búsqueda. Los parámetros de búsqueda de puntos se pueden configurar haciendo clic en el botón de **Advanced Settings**. Nosotros vamos a dejar los valores por defecto, sólo vamos a añadir la opción de utilizar los puntos introducidos de forma manual para establecer la conexión inicial entre las imágenes:



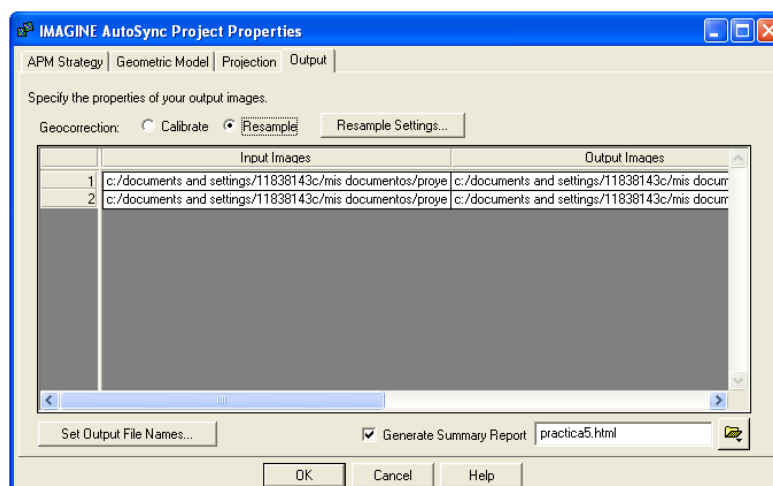
Aceptamos y volvemos a la ventana anterior. Seleccionamos la banda 2 en ambas imágenes para la búsqueda de similitudes espectrales y, en lugar de definir un patrón de búsqueda de puntos, elegimos la distribución por defecto de un número de puntos para cada imagen. Dejamos el valor de 400 puntos por defecto y hacemos clic en la casilla de **Keep all points** para asegurarnos de que aunque realicemos varias veces el proceso de APM no nos va a borrar los puntos de la vez anterior:





En la pestaña del **Geometric Model** se establece el tipo de modelo mediante el que queremos corregir las imágenes. Elegimos una transformación afín. En la siguiente pestaña, definimos la proyección para las imágenes de salida, que será la misma que la imagen de referencia:



Por último, en la pestaña de **Output** tenemos de nuevo alguna de las configuraciones que establecimos al comienzo: método de remuestreo, sufijo de las imágenes corregidas, archivo en el que se genera el informe:



A partir de este punto el proceso es similar al descrito para la anterior práctica: identificar puntos homólogos en ambas imágenes y digitalizarlos utilizando la herramienta **Create GCP** . Haciendo doble clic sobre las imágenes a corregir elegimos sobre cuál queremos trabajar. Vamos a comenzar con la imagen de 2003, más similar a la de referencia.

Una vez hayamos establecido un mínimo de 2 puntos de control (es recomendable digitalizar 4 puntos manuales para obtener mejores resultados) vemos cómo el icono de la imagen a corregir ha cambiado a color verde, indicando que podemos ejecutar el APM, que seguirá los parámetros introducidos desde la ventana de propiedades del proyecto. Para ejecutar el APM hay dos opciones, una es pinchar con el botón derecho sobre la imagen en la que queramos ejecutarlo y elegir **Run APM**, de forma que se ejecuta sólo en esa imagen, y la otra es hacer clic sobre el botón **Run APM** , realizando el proceso sobre todas las imágenes que estén preparadas.

Una vez ejecutado sobre la imagen en la que hemos dado los puntos de control obtenemos una serie de puntos y los residuos del ajuste en la parte inferior de la ventana:

| Point # | Pl. Orig | Point ID | Color | X Input  | Y Input  | Color | X Ref.     | Y Ref.      | Z Ref. | X Residual | Y Residual | Error    | Contribution | Match    |
|---------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|------------|-------------|--------|------------|------------|----------|--------------|----------|
| 1       | manual   | 1        |       | 2657.574 | 1460.510 |       | 521936.868 | 4525794.631 |        | -0.250038  | 0.270707   | 0.368513 | 0.076621     | 0.000000 |
| 2       | manual   | 2        |       | 3541.495 | 2500.520 |       | 549443.154 | 4494578.890 |        | 0.048663   | -0.178216  | 0.184740 | 0.019256     | 0.000000 |
| 3       | manual   | 3        |       | 2329.443 | 2688.431 |       | 512086.287 | 4488946.281 |        | -0.008555  | -0.018934  | 0.020777 | 0.000244     | 0.000000 |
| 4       | manual   | 4        |       | 2991.884 | 2137.995 |       | 531953.976 | 4505458.198 |        | 0.123012   | -0.083802  | 0.148845 | 0.012500     | 0.000000 |
| 5       | APM      | 01       | >     | 2611.308 | 807.128  |       | 520542.220 | 4545389.005 | 0.000  | -0.017807  | -0.020223  | 0.017321 | 0.000191     | 0.960000 |
| 6       | APM      | 02       |       | 2622.716 | 907.087  |       | 520882.925 | 4545390.385 | 0.000  | 0.032446   | -0.017280  | 0.036751 | 0.000782     | 0.960000 |
| 7       | APM      | 03       |       | 2560.823 | 815.650  |       | 519031.756 | 4545132.056 | 0.000  | -0.149667  | -0.045587  | 0.156742 | 0.013862     | 0.970000 |
| 8       | APM      | 04       |       | 2600.588 | 818.594  |       | 520218.595 | 4545043.976 | 0.000  | 0.050073   | -0.036715  | 0.062091 | 0.002175     | 0.970000 |
| 9       | APM      | 05       |       | 2594.780 | 830.008  |       | 520046.186 | 4544702.929 | 0.000  | -0.011045  | 0.009891   | 0.014827 | 0.000124     | 0.920000 |
| 10      | APM      | 06       |       | 2506.543 | 724.123  |       | 517395.179 | 4547879.053 | 0.000  | 0.126997   | -0.011113  | 0.127482 | 0.009169     | 0.920000 |
| 11      | APM      | 07       |       | 2545.558 | 745.041  |       | 518570.328 | 4547251.547 | 0.000  | -0.033029  | -0.009576  | 0.034124 | 0.000657     | 0.960000 |
| 12      | APM      | 08       |       | 2529.752 | 743.357  |       | 518101.974 | 4547121.871 | 0.000  | -0.225687  | -0.014628  | 0.226161 | 0.028859     | 0.960000 |
| 13      | APM      | 09       |       | 2508.250 | 760.975  |       | 517451.519 | 4546771.547 | 0.000  | 0.055391   | -0.074478  | 0.092818 | 0.004861     | 0.960000 |
| 14      | APM      | 10       |       | 2537.532 | 759.976  |       | 518327.126 | 4546808.319 | 0.000  | 0.048341   | 0.153249   | 0.160693 | 0.014569     | 0.960000 |
| 15      | APM      | 11       |       | 3543.660 | 986.797  |       | 548506.516 | 4540015.067 | 0.000  | 0.115379   | -0.448025  | 0.462643 | 0.120763     | 0.990000 |
| 16      | APM      | 12       |       | 3580.334 | 988.302  |       | 549602.018 | 4539962.810 | 0.000  | 0.269833   | 0.315807   | 0.415384 | 0.097351     | 0.990000 |
| 17      | APM      | 13       |       | 3569.558 | 988.463  |       | 549288.486 | 4539949.709 | 0.000  | -0.053933  | 0.040118   | 0.067218 | 0.002549     | 0.970000 |
| 18      | APM      | 14       |       | 3558.347 | 1015.165 |       | 548942.908 | 4539157.100 | 0.000  | 0.255073   | 0.323684   | 0.412117 | 0.095626     | 0.970000 |
| 19      | APM      | 15       |       | 3499.794 | 971.477  |       | 547206.423 | 4540462.573 | 0.000  | -0.410359  | 0.151786   | 0.437532 | 0.108009     | 0.940000 |
| 20      | APM      | 16       |       | 3498.593 | 988.186  |       | 547156.106 | 4539950.231 | 0.000  | 0.089328   | -0.230214  | 0.228671 | 0.028813     | 0.940000 |
| 21      | APM      | 17       |       | 3505.258 | 1009.054 |       | 547353.574 | 4539323.796 | 0.000  | 0.147486   | -0.221971  | 0.265502 | 0.040072     | 0.860000 |
| 22      | APM      | 18       |       | 3496.423 | 1013.713 |       | 547096.747 | 4539187.047 | 0.000  | -0.125931  | -0.131232  | 0.181880 | 0.018664     | 0.860000 |
| 23      | APM      | 19       |       | 2195.239 | 1703.055 |       | 508059.587 | 4518514.929 | 0.000  | 0.024879   | 0.169972   | 0.171783 | 0.016650     | 0.960000 |
| 24      | APM      | 20       |       | 2189.688 | 1710.908 |       | 507891.626 | 4518274.189 | 0.000  | 0.073431   | -0.001856  | 0.073454 | 0.003044     | 0.960000 |
| 25      | APM      | 21       |       | 2174.247 | 1615.773 |       | 507428.283 | 4521133.601 | 0.000  | 0.078426   | 0.172069   | 0.189099 | 0.020175     | 0.970000 |
| 26      | APM      | 22       |       | 2152.252 | 1618.572 |       | 506784.113 | 4521042.081 | 0.000  | 0.264316   | -0.080244  | 0.276228 | 0.043051     | 0.970000 |
| 27      | APM      | 23       |       | 2139.809 | 1627.085 |       | 505409.280 | 4520786.050 | 0.000  | -0.389984  | -0.101028  | 0.402858 | 0.091569     | 0.900000 |
| 28      | APM      | 24       |       | 2161.004 | 1631.593 |       | 507029.590 | 4520648.979 | 0.000  | 0.126409   | -0.161344  | 0.204965 | 0.023703     | 0.900000 |
| 29      | APM      | 25       |       | 3880.268 | 2019.398 |       | 558601.688 | 4509000.560 | 0.000  | 0.181406   | -0.002263  | 0.181421 | 0.018570     | 0.930000 |
| 30      | APM      | 26       |       | 3883.562 | 2030.698 |       | 558715.719 | 4508684.077 | 0.000  | -0.325830  | 0.148510   | 0.358078 | 0.072343     | 0.930000 |
| 31      | APM      | 27       |       | 3809.779 | 1920.856 |       | 556493.068 | 4511974.720 | 0.000  | -0.013767  | -0.011950  | 0.018230 | 0.000188     | 0.890000 |
| 32      | APM      | 28       |       | 3781.865 | 1940.436 |       | 555655.096 | 4511387.706 | 0.000  | 0.006070   | 0.001522   | 0.006258 | 0.000022     | 0.890000 |
| 33      | APM      | 29       |       | 3832.374 | 1975.393 |       | 557173.997 | 4510339.603 | 0.000  | -0.118982  | 0.024879   | 0.121555 | 0.008337     | 0.920000 |
| 34      | APM      | 30       |       | 3776.853 | 1981.469 |       | 555503.687 | 4510159.259 | 0.000  | 0.041356   | 0.083254   | 0.098369 | 0.005486     | 0.920000 |
| 35      | manual   | 31       |       |          |          |       |            |             |        |            |            |          |              |          |

RMSE: 0.228317, Error Std. Dev.: 0.136294

No Projection Available

Los puntos generados automáticamente por el programa aparecen señalados con la etiqueta "APM" en la primera columna. Vemos cómo hemos conseguido un total de 34 puntos de control, dos de los cuales son los introducidos de forma manual y el resto generados por el programa. Podemos volver a ejecutar el **APM** cambiando los parámetros para ver si el resultado mejora.



Para trabajar con los puntos de control de cara a obtener una corrección óptima contamos con las herramientas del editor:



Éstas nos permiten deshacer o rehacer acciones, eliminar puntos, mostrar sólo los seleccionados, navegar por los puntos seleccionados, calcular el modelo, ver el informe y establecer un filtro para seleccionar puntos en función de un umbral de error establecido por nosotros.


Por ejemplo, vamos a seleccionar los puntos con un error superior a 0'3 píxeles. Para ello tecleamos el umbral y hacemos clic sobre el icono de seleccionar los puntos

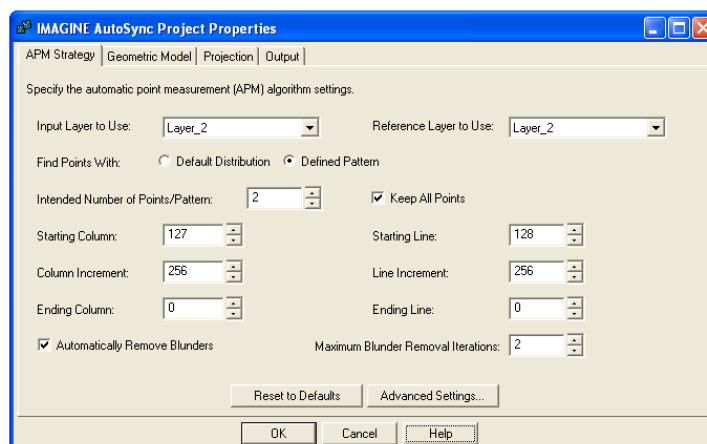
| Point # | Pt. Orig | Point ID | Color | X Input  | Y Input  | Color | X Ref.     | Y Ref.      | Z Ref. | X Residual | Y Residual | Error    | Contribution | Match    |
|---------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|------------|-------------|--------|------------|------------|----------|--------------|----------|
| 1       | manual   | 1        |       | 2657.620 | 1461.071 |       | 521915.735 | 4525775.027 |        | 0.377916   | 0.153836   | 0.408027 | 0.047122     | 0.000000 |
| 2       | manual   | 2        |       | 2330.085 | 2688.291 |       | 512062.179 | 4489989.992 |        | 1.018229   | 0.374851   | 1.084977 | 0.332183     | 0.000000 |
| 3       | manual   | 3        |       | 3000.673 | 2128.983 |       | 532225.448 | 4505736.404 |        | -0.357346  | 0.004289   | 0.357372 | 0.036148     | 0.000000 |
| 4       | manual   | 4        |       | 3236.139 | 1068.212 |       | 539283.990 | 4537951.526 |        | 0.060776   | -0.126734  | 0.140954 | 0.009591     | 0.000000 |
| 5       | APM      | 01       |       | 2506.543 | 724.123  |       | 517395.179 | 4547879.053 | 0.000  | 0.139336   | 0.029535   | 0.142432 | 0.009742     | 0.990000 |
| 6       | APM      | 02       |       | 2545.558 | 745.041  |       | 518570.328 | 4547251.547 | 0.000  | -0.020491  | 0.030690   | 0.036902 | 0.000385     | 0.990000 |
| 7       | APM      | 03       |       | 2529.752 | 749.357  |       | 518101.974 | 4547121.871 | 0.000  | -0.215837  | 0.023363   | 0.217100 | 0.013340     | 0.970000 |
| 8       | APM      | 04       |       | 2508.250 | 760.975  |       | 517451.513 | 4546771.547 | 0.000  | 0.080339   | -0.039019  | 0.071856 | 0.001461     | 0.970000 |
| 9       | APM      | 05       |       | 2537.532 | 759.976  |       | 518327.126 | 4546808.319 | 0.000  | 0.056902   | 0.190077   | 0.198411 | 0.011142     | 0.940000 |
| 10      | APM      | 06       |       | 2611.308 | 807.128  |       | 520542.220 | 4545389.005 | 0.000  | -0.010496  | 0.031077   | 0.032802 | 0.000305     | 0.940000 |
| 11      | APM      | 07       |       | 2622.716 | 807.067  |       | 520882.925 | 4545390.385 | 0.000  | 0.041073   | 0.016311   | 0.044194 | 0.000953     | 0.860000 |
| 12      | APM      | 08       |       | 2560.823 | 815.650  |       | 519031.756 | 4545132.056 | 0.000  | -0.150216  | -0.015767  | 0.151041 | 0.006457     | 0.860000 |
| 13      | APM      | 09       |       | 2600.588 | 818.594  |       | 520218.585 | 4545043.976 | 0.000  | 0.053772   | -0.005697  | 0.054073 | 0.000829     | 0.960000 |
| 14      | APM      | 10       |       | 2594.780 | 830.008  |       | 520046.196 | 4544702.929 | 0.000  | -0.010350  | 0.039953   | 0.040401 | 0.000462     | 0.960000 |
| 15      | APM      | 11       |       | 3543.660 | 985.797  |       | 548506.516 | 4540015.067 | 0.000  | 0.193067   | -0.402357  | 0.446280 | 0.056371     | 0.960000 |
| 16      | APM      | 12       |       | 3580.334 | 988.302  |       | 549602.018 | 4539962.810 | 0.000  | 0.351364   | 0.362720   | 0.504998 | 0.072181     | 0.960000 |
| 17      | APM      | 13       |       | 3569.558 | 988.463  |       | 549288.486 | 4539949.709 | 0.000  | 0.026306   | 0.086542   | 0.090451 | 0.002316     | 0.970000 |
| 18      | APM      | 14       |       | 3558.347 | 1015.165 |       | 548942.908 | 4539157.100 | 0.000  | 0.328542   | 0.365879   | 0.491739 | 0.068440     | 0.970000 |
| 19      | APM      | 15       |       | 3499.794 | 971.477  |       | 547206.423 | 4540462.673 | 0.000  | -0.334585  | 0.157810   | 0.388685 | 0.042760     | 0.920000 |
| 20      | APM      | 16       |       | 3496.593 | 988.186  |       | 547156.106 | 4539959.231 | 0.000  | 0.137990   | -0.176894  | 0.224192 | 0.014226     | 0.920000 |
| 21      | APM      | 17       |       | 3505.258 | 1009.064 |       | 547353.574 | 4539323.756 | 0.000  | 0.216002   | 0.181151   | 0.281915 | 0.022495     | 0.960000 |
| 22      | APM      | 18       |       | 3496.423 | 1013.713 |       | 547096.747 | 4539187.047 | 0.000  | -0.059339  | -0.091422  | 0.108991 | 0.003362     | 0.960000 |
| 23      | APM      | 19       |       | 2195.239 | 1703.055 |       | 508059.587 | 4518574.929 | 0.000  | -0.200295  | 0.056286   | 0.208597 | 0.012316     | 0.960000 |
| 24      | APM      | 20       |       | 2189.688 | 1710.908 |       | 507891.626 | 4518274.189 | 0.000  | -0.154030  | -0.114904  | 0.192167 | 0.010452     | 0.960000 |
| 25      | APM      | 21       |       | 2174.247 | 1615.773 |       | 507429.283 | 4521133.601 | 0.000  | -0.131173  | 0.071984   | 0.149626 | 0.006337     | 0.970000 |
| 26      | APM      | 22       |       | 2152.292 | 1610.572 |       | 506764.113 | 4521042.081 | 0.000  | 0.051540   | -0.181669  | 0.188339 | 0.010093     | 0.970000 |
| 27      | APM      | 23       |       | 2139.889 | 1627.065 |       | 506409.280 | 4520796.050 | 0.000  | -0.056580  | -0.234155  | 0.239391 | 0.011569     | 0.900000 |
| 28      | APM      | 24       |       | 2161.004 | 1631.593 |       | 507029.590 | 4520648.979 | 0.000  | -0.088049  | -0.264276  | 0.278598 | 0.021962     | 0.900000 |
| 29      | APM      | 25       |       | 3880.268 | 2019.998 |       | 556801.688 | 4509000.560 | 0.000  | 0.084804   | -0.090278  | 0.123862 | 0.004342     | 0.930000 |
| 30      | APM      | 26       |       | 3883.562 | 2030.698 |       | 556715.719 | 4508884.077 | 0.000  | -0.424169  | 0.059146   | 0.428273 | 0.051914     | 0.930000 |
| 31      | APM      | 27       |       | 3781.865 | 1460.436 |       | 555655.196 | 4511387.706 | 0.000  | -0.085441  | -0.079161  | 0.115476 | 0.007840     | 0.890000 |

Nueve son los puntos que exceden el umbral de 0'3 píxeles (estos resultados pueden diferir, según el ajuste de los puntos introducidos manualmente). Procedemos a eliminarlos para ver si mejora el ajuste general. En efecto, si los eliminamos y recalculamos el modelo vemos cómo el RMSE pasa a ser de solamente 0'13 píxeles:

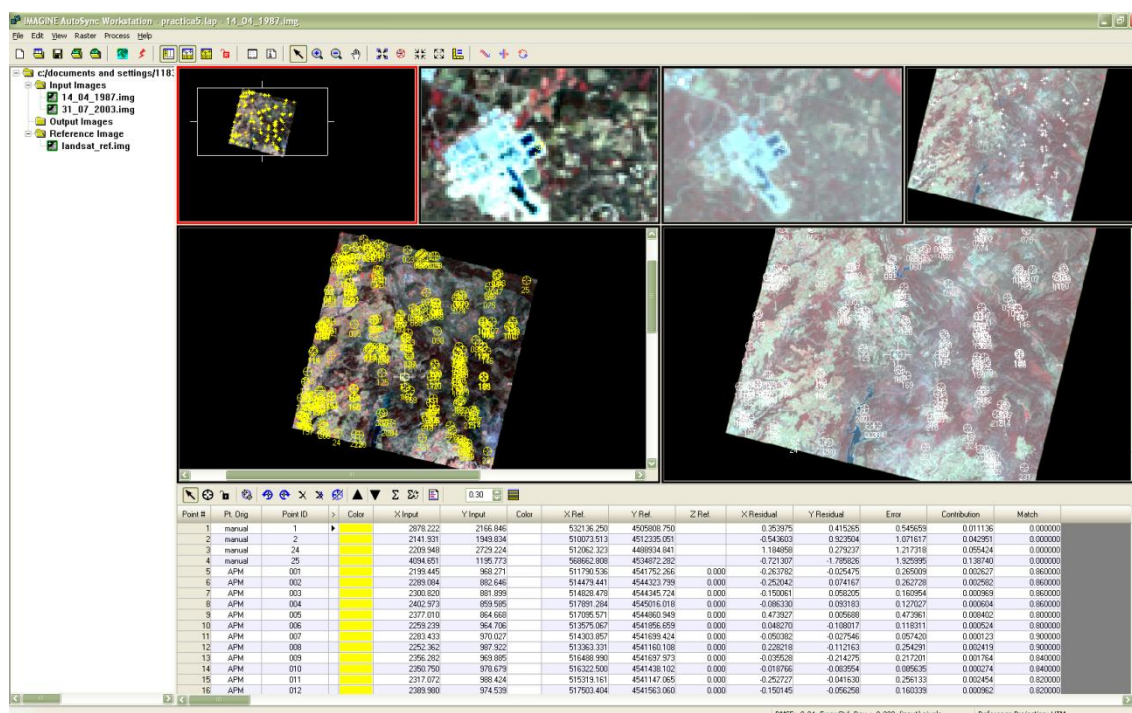


A continuación vamos a realizar el mismo proceso con la imagen de 1987, introduciendo algún cambio. Comenzamos por digitalizar un mínimo de 2 puntos de control de forma manual (de nuevo es recomendable localizar 4 puntos).

Una vez hayamos hecho esto vamos a proceder a la generación automática de más puntos, pero estableciendo esta vez un patrón de búsqueda. Para ello sólo tenemos que abrir la ventana de **Project Properties** pulsando en el botón , y seleccionar la opción **Defined Pattern** en lugar de **Default Distribution**. Dejamos las opciones del patrón por defecto, aumentando el número de puntos por patrón a 2:





Al ejecutar el **APM** obtendremos un resultado mejor que en el caso anterior:

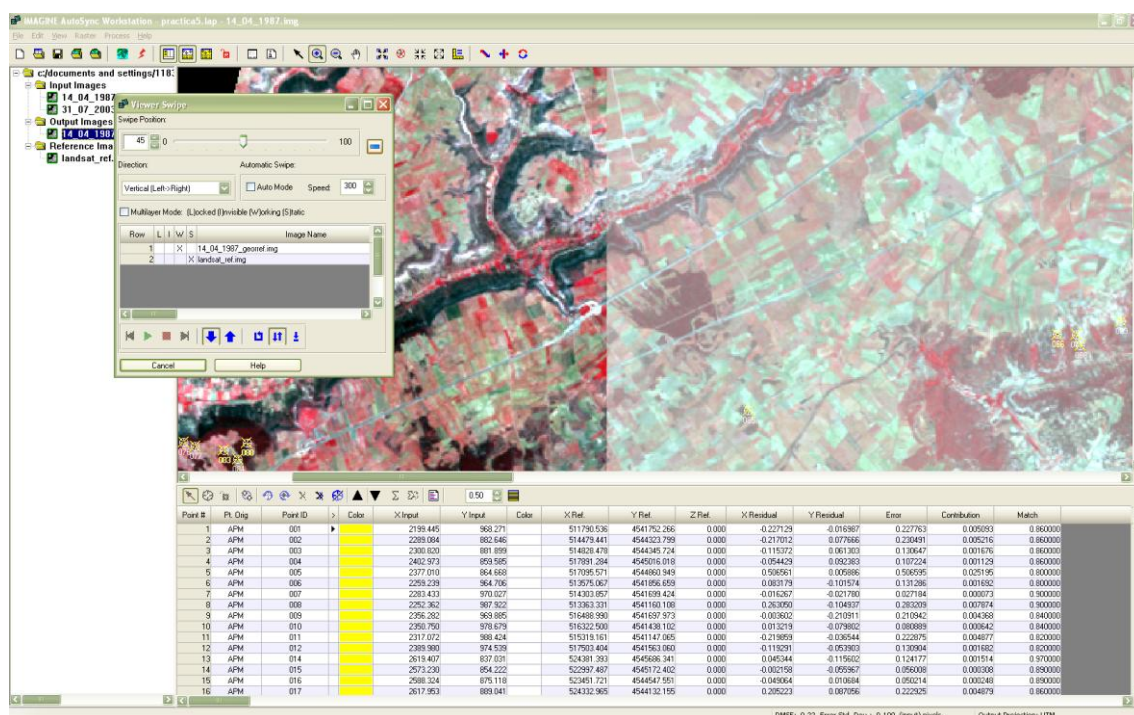


No sólo hemos obtenido muchos más puntos (235), también están mucho mejor distribuidos por la imagen, lo que nos asegura una mejor corrección.

El RMSE obtenido es de 0'34, aunque es bastante bueno intentaremos mejorarlo mediante el uso de las herramientas de edición de GCPs. Seleccionando los puntos con un error superior a 0'5 píxeles y eliminándolos obtendremos un RMSE de 0'22.

Una vez hemos obtenido un ajuste satisfactorio vamos a corregir las imágenes. Podemos hacerlo haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre la imagen que queremos corregir y eligiendo la opción **Calibrate/Resample** o mediante el botón con el icono de un rayo  si queremos corregir todas las imágenes a la vez. Seleccionamos la imagen de 1987 y la corregimos.

Una vez terminado el proceso aceptamos y aparece directamente una pantalla con las dos imágenes superpuestas para evaluar visualmente los resultados. En este sentido disponemos de tres herramientas muy prácticas: **Blend, Swipe y Flicker**  :



Realizamos la corrección de la imagen de 2003 y comprobamos que los resultados sean igualmente satisfactorios.

En el directorio en el que hemos estado trabajando se ha almacenado un archivo **.html** con el mismo nombre del proyecto en el que se encuentra el informe de todo el trabajo realizado, con los parámetros utilizados:

Autotrans Job Report - Mozilla Firefox

file:///C:/Documents and Settings/11838143/My documents/Proyectos/Cursos/ERDAS\_2011/resultadoERDAS/Practica-3/practica3.html

Más visitados VPN ArcGIS Server Manager Conferences - EAPSEL CSIC: Centro de Cie. SerGeo "Servidor de d...

**Image 1**

Input Image c:/documents and settings/11838143/My documents/proyectos/cursos/erdas\_2011/cursos/erdas/practica\_3\_2/14\_04\_1987.img  
Output Image c:/documents and settings/11838143/My documents/trans/14\_04\_1987\_georef.img  
RMS Error 0.217157

**Log**

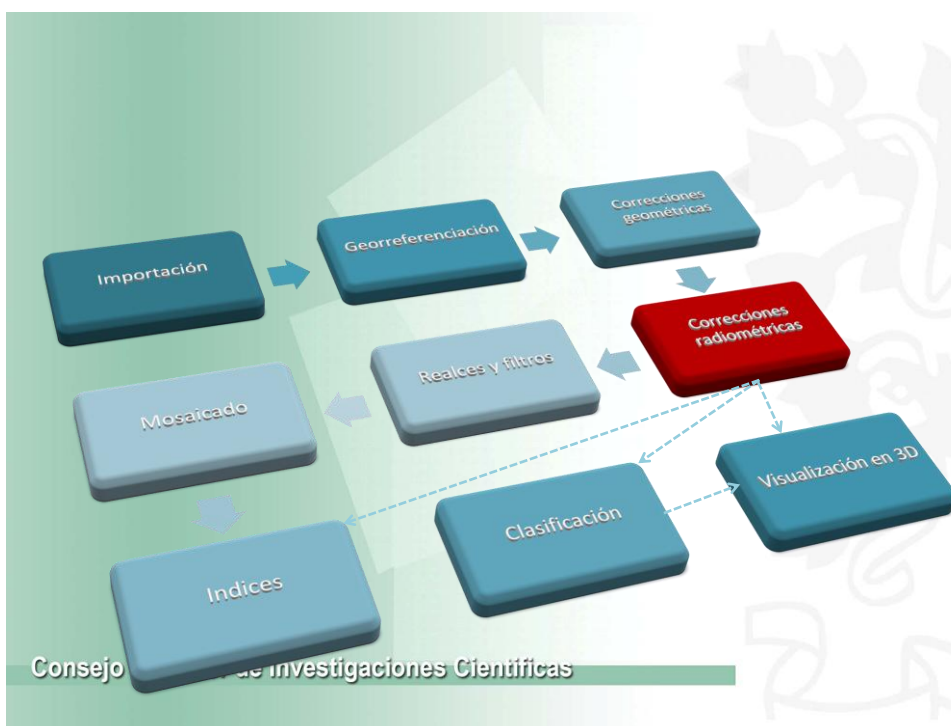
APM found 231 tie points

**GCPs**

| Point # | Point Origin | Point ID | X Input       | Y Input      | X Ref           | Y Ref            | Z Ref      | X Residual | Y Residual | Error  | Contribution | Match  |
|---------|--------------|----------|---------------|--------------|-----------------|------------------|------------|------------|------------|--------|--------------|--------|
| 1       | APM          | 001      | 2199.44531250 | 968.27105713 | 511790.53619385 | 4541752.26562500 | 0.00000000 | -0.2271    | -0.0170    | 0.2278 | 0.0051       | 0.8600 |
| 2       | APM          | 002      | 2289.08374023 | 882.64587402 | 514479.44091797 | 4544323.79828213 | 0.00000000 | -0.2170    | 0.0777     | 0.2305 | 0.0052       | 0.8600 |
| 3       | APM          | 003      | 2300.81982422 | 881.89655957 | 514828.47839355 | 4544345.72387695 | 0.00000000 | -0.1154    | 0.0613     | 0.1306 | 0.0017       | 0.8600 |
| 4       | APM          | 004      | 2402.97290039 | 859.58526611 | 517891.28356934 | 4545016.01760864 | 0.00000000 | -0.0544    | 0.0924     | 0.1072 | 0.0011       | 0.8600 |
| 5       | APM          | 005      | 2377.01049805 | 864.66802979 | 517095.57128906 | 4544860.94924927 | 0.00000000 | 0.5066     | 0.0059     | 0.5066 | 0.0252       | 0.8000 |
| 6       | APM          | 006      | 2259.23923781 | 964.70611572 | 513575.06652832 | 4541856.65863037 | 0.00000000 | 0.0832     | -0.1016    | 0.1313 | 0.0017       | 0.8000 |
| 7       | APM          | 007      | 2283.43261719 | 970.02691650 | 514303.85742187 | 4541699.42413330 | 0.00000000 | -0.0163    | -0.0218    | 0.0272 | 0.0001       | 0.9000 |
| 8       | APM          | 008      | 2252.36157227 | 987.92150879 | 513363.33068848 | 4541160.10803223 | 0.00000000 | 0.2630     | -0.1049    | 0.2832 | 0.0079       | 0.9000 |
| 9       | APM          | 009      | 2356.28222656 | 969.88549805 | 516488.99047852 | 4541697.97302346 | 0.00000000 | -0.0036    | -0.2109    | 0.2109 | 0.0044       | 0.8400 |
| 10      | APM          | 010      | 2350.74951172 | 978.67913818 | 516322.50000000 | 4541438.10241699 | 0.00000000 | 0.0132     | -0.0798    | 0.0809 | 0.0006       | 0.8400 |
| 11      | APM          | 011      | 2317.07226563 | 988.42407227 | 515319.16076660 | 4541147.06542969 | 0.00000000 | -0.2199    | -0.0365    | 0.2229 | 0.0049       | 0.8200 |
| 12      | APM          | 012      | 2389.97998047 | 974.53936768 | 517503.40393066 | 4541563.0599756  | 0.00000000 | -0.1193    | -0.0539    | 0.1309 | 0.0017       | 0.8200 |
| 13      | APM          | 014      | 2619.40698242 | 837.03088379 | 524381.39282227 | 4545686.34109497 | 0.00000000 | 0.0453     | -0.1156    | 0.1242 | 0.0015       | 0.9700 |
| 14      | APM          | 015      | 2573.22998047 | 854.22247314 | 522997.48718262 | 4545172.40249634 | 0.00000000 | -0.0022    | -0.0560    | 0.0560 | 0.0003       | 0.8900 |
| 15      | APM          | 016      | 2588.32421875 | 875.11767578 | 523451.72058105 | 4544547.55096436 | 0.00000000 | -0.0491    | 0.0107     | 0.0502 | 0.0002       | 0.8900 |
| 16      | APM          | 017      | 2617.95312500 | 889.04052734 | 524332.96508789 | 4544132.15469360 | 0.00000000 | 0.2052     | 0.0871     | 0.2229 | 0.0049       | 0.8600 |
| 17      | APM          | 018      | 2664.54614258 | 853.75250244 | 525741.10473633 | 4545192.73681641 | 0.00000000 | -0.1389    | 0.1527     | 0.2064 | 0.0042       | 0.8600 |
| 18      | APM          | 019      | 2504.73217773 | 840.03131104 | 520947.01538086 | 4545603.11828613 | 0.00000000 | -0.1515    | 0.1097     | 0.1870 | 0.0034       | 0.8300 |
| 19      | APM          | 020      | 2524.66015625 | 866.04638672 | 521543.54736328 | 4544819.50698853 | 0.00000000 | -0.1080    | 0.0042     | 0.1081 | 0.0011       | 0.8300 |
| 20      | APM          | 021      | 2501.37304688 | 884.45007324 | 520844.34082031 | 4544266.02218628 | 0.00000000 | -0.0887    | -0.0421    | 0.0982 | 0.0009       | 0.8900 |
| 21      | APM          | 022      | 2511.01660156 | 889.55517578 | 521136.12304687 | 4544110.45989990 | 0.00000000 | -0.1711    | -0.1224    | 0.2104 | 0.0043       | 0.8900 |
| 22      | APM          | 023      | 2909.27514648 | 893.97332764 | 533080.89477539 | 4543983.72573853 | 0.00000000 | -0.0672    | 0.0748     | 0.1005 | 0.0010       | 0.9700 |



## ***Correcciones radiométricas***





## Correcciones necesarias

- Radiométricas:
  - Eliminar ruidos en los ND.
  - Corregir los problemas de toma de datos.
  - Conversión a parámetros físicos.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

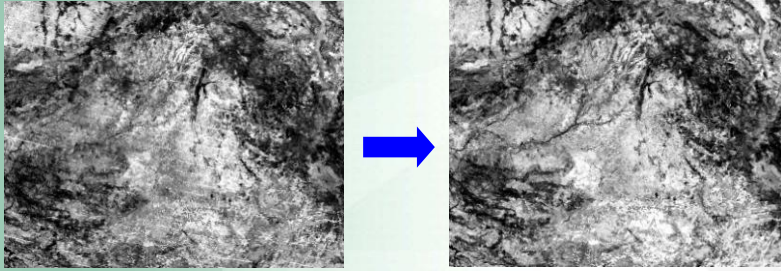
## Correcciones radiométricas

- ✓ Bandeado: producido por desajustes en el calibrado de los detectores.
- ✓ Líneas o píxeles perdidos (fallos del sensor o la transmisión).
- ✓ Cálculo de reflectividades.
- ✓ Correcciones atmosféricas.
- ✓ Correcciones del sombreado topográfico.
- ✓ Modelización del efecto bidireccional.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Bandeado

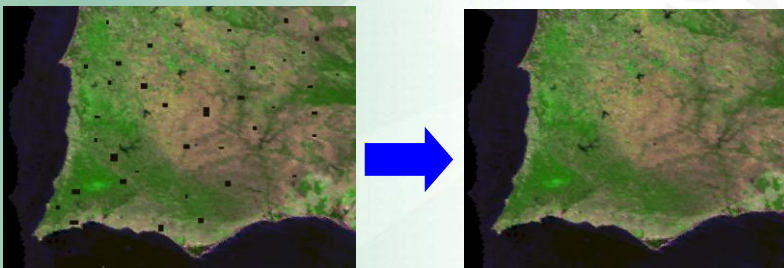


Se puede producir por un mal funcionamiento de alguno de los detectores del sensor o por una mala calibración de los mismos. Se producirán en el sentido del barrido de la tableta de detectores.

Posible solución: realizar una correlación lineal entre el histograma de los detectores afectados y el histograma general de toda la imagen.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

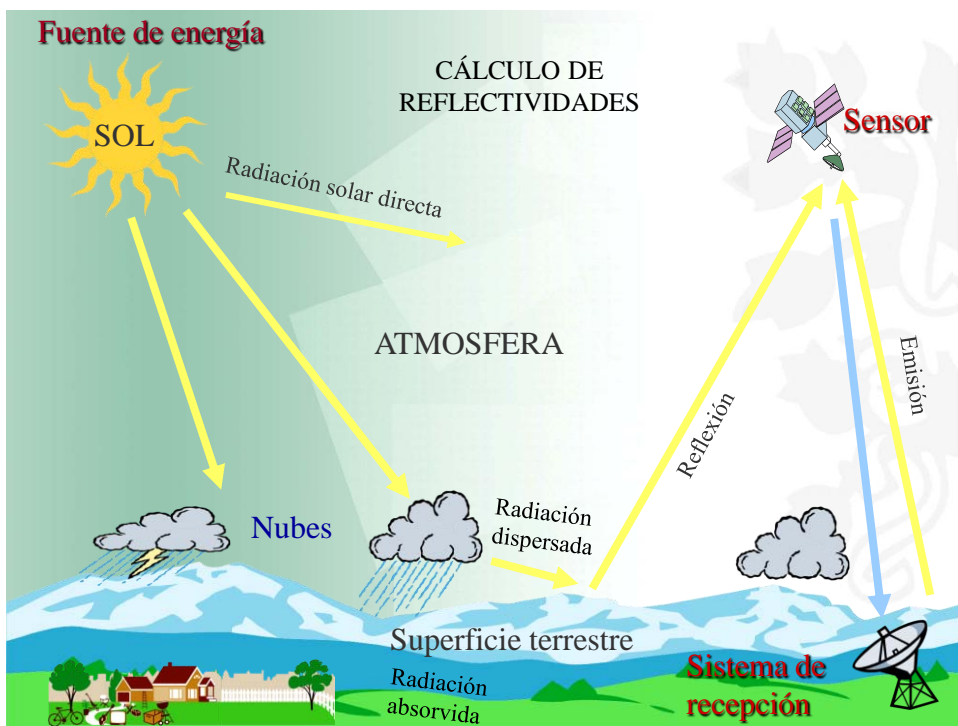
## Ruido



También puede deberse a un mal funcionamiento de los sensores o de la antena receptora de los datos.

Posible solución: Sustituir el valor de los píxeles defectuosos por el del píxel anterior o posterior, o utilizar algún valor promedio de los píxeles cercanos. También se puede utilizar algún filtro de paso bajo.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Reflectividad aparente\*

Conversión de los ND a parámetros físicos:

- Cálculo radiancia

$$L_{sen,k} = a_{0,k} + a_{1,k} \cdot ND_k$$

- Cálculo reflectividad

$$\rho_k^* = \frac{K \pi L_{sen,k}}{E_{0,k} \cos \theta_i}$$

$E_{0,k}$  = irradiancia solar en el techo de la atmósfera

$\rho_k^*$  = la reflectividad aparente de la cubierta en esa banda

$\theta_i$  = ángulo cenital del flujo incidente formado por la vertical y los rayos solares

K = factor corrector de la distancia Tierra - Sol

\* La reflectividad aparente asume una atmósfera transparente, observación vertical, terreno llano y superficie lambertiana.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Temperatura aparente del suelo

- Estimación de la radiancia:  $L = a_0 + a_1 \cdot ND$ .
- Temperatura de brillo:

$$T^*(L) = \frac{c_2 \nu}{\ln(1 + c_1 \nu^3 / L_{\text{sen}, \nu})}$$

$$c_1 = 1,1910659 \cdot 10^{-5} \text{ W m}^{-1} \text{ sr}^{-1} \text{ cm}^{-4}$$

$$c_2 = 1,438833 \text{ cm K}$$

- Temperatura aparente del suelo (corrección atmosférica, split-window\*):

$$T^*_s = T^*_4 + [1,34 + 0,39 (T^*_4 - T^*_5)] (T^*_4 - T^*_5).$$

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

\* Algoritmo desarrollado sobre las bandas del sensor NOAA-AVHRR, pero aplicado también en otros casos.

## Correcciones atmosféricas

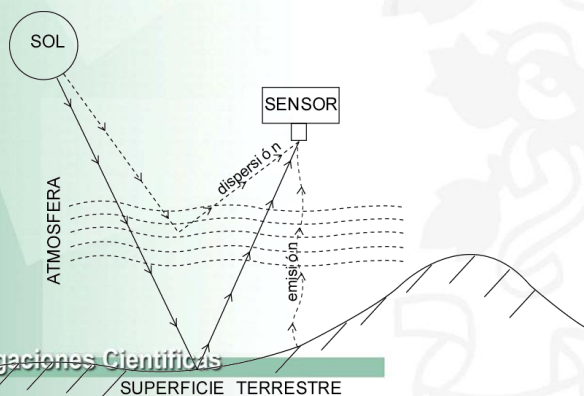
El cálculo de la reflectividad real de una cubierta captada por un sensor aéreo o espacial está condicionado por el comportamiento de la atmósfera:

- La irradiancia solar en el techo de la atmósfera no es igual a la que llega a la superficie terrestre.
- La radiancia que llega al sensor no es la misma que la que sale de la superficie terrestre.

Tendremos que tener en cuenta:

1º La transmisividad de la atmósfera (dependerá el espesor óptico de ozono, del contenido de aerosoles, del espesor óptico molecular y del ángulo de observación).

2º La radiancia extra aportada por el efecto de dispersión.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

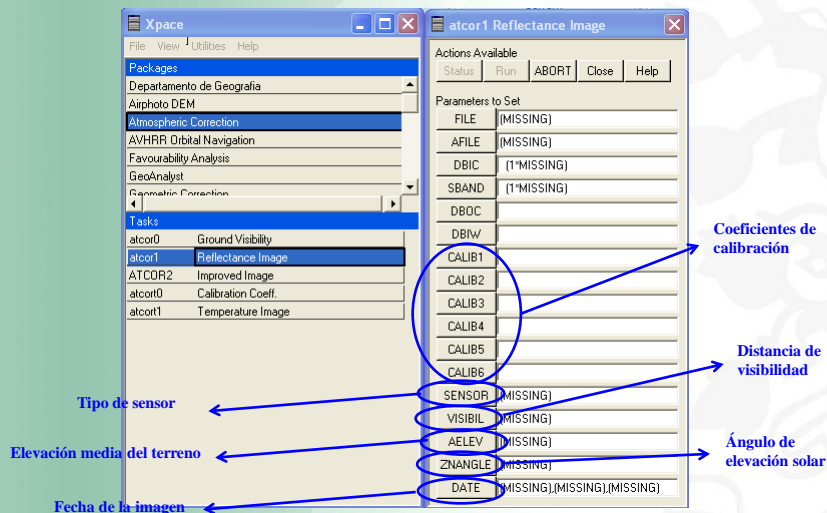
## Correcciones atmosféricas

La estimación de la influencia atmosférica y su corrección para el cálculo de reflectividades se realiza mediante distintos procedimientos:

1. A partir de medidas sobre el terreno.
2. Utilizando datos de otros sensores.
3. Por medio de modelos físicos de transferencia radiativa (MODTRAN, ATCOR).
4. A partir de datos de la propia imagen (Método de Chavez).

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Modelo ATCOR



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Correcciones del sombreado topográfico

- ❑ El relieve tiene un efecto distorsionador sobre las medidas de reflectividades.
- ❑ La reflectividad es muy dependiente del ángulo de incidencia y del de observación.
- ❑ En terrenos con escasa pendiente esta distorsión no es muy importante, pero en otro tipo de superficies su influencia es clave.
- ❑ La existencia de un MDE permite modelizar este fenómeno y corregirlo.

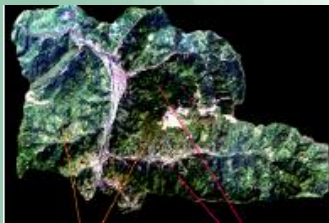


Imagen sin corregir




Imagen corregida

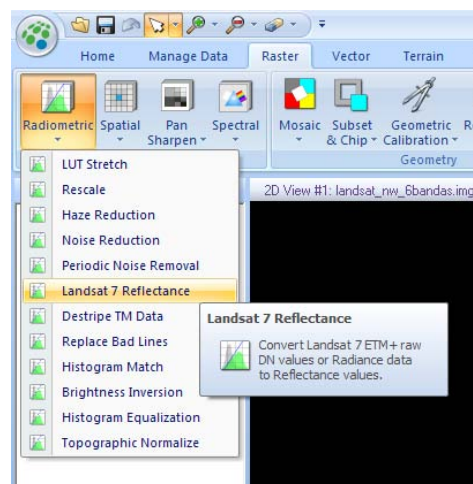
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Práctica 4: Correcciones radiométricas.

### Práctica 4.1

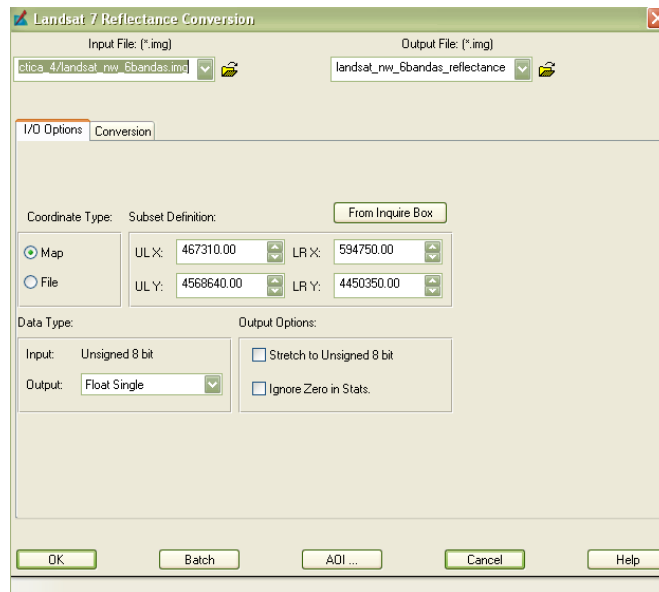
Vamos a realizar un ejercicio de corrección radiométrica de una imagen Landsat TM con el objetivo de transformar los niveles digitales originales de la imagen en valores de reflectividad aparente.

1. Abrimos la imagen “Landsat\_nw\_6bandas” que se encuentra en la carpeta “Práctica 4”.
2. Con la herramienta **Inquire Cursor**  nos desplazamos sobre la imagen y comprobamos el rango de valores en los que se mueven los distintos píxeles. Estos valores se corresponden con los niveles digitales de la imagen. Nuestro objetivo es cambiar su escala a valores de reflectividad aparente.
3. Desde la pestaña **Raster** abrimos el menú **Radiometric** y seleccionamos **Landsat7 Reflectance**:

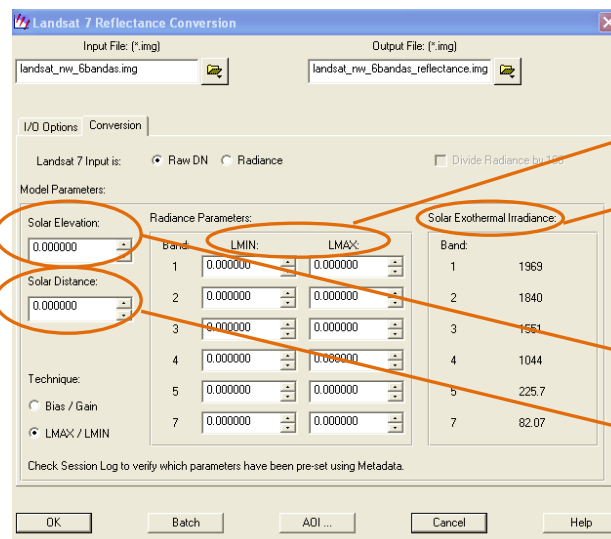


4. En la ventana que se abre introducimos “Landsat\_nw\_6bandas” como imagen de entrada y damos un nombre y ubicación al fichero de salida.





5. Cambiando a la pestaña **Conversion** accedemos a la ventana en la que tendremos que introducir todos los parámetros necesarios para transformar los ND en valores de reflectividad aparente (es necesario seleccionar la opción LMAX/LMIN). La mayor parte de estos datos se encuentran en el archivo de cabecera de la imagen y el resto se deducen a partir de ellos.



Valores máximos y mínimos de radiancia. Vienen dados en el archivo de cabecera.

Irradiancia solar en el techo de la atmósfera.

Ángulo de elevación solar, dado en el archivo de cabecera.

Factor corrector de la distancia al Sol. Se deduce a partir de la información disponible.

6. Abrimos el archivo de cabecera (formato .txt) con un editor de texto tipo **Bloc de Notas** o **WordPad** y analizamos la información contenida. Los datos que debemos localizar y consignar son los relativos al ángulo de elevación solar, la radiancia (máxima y mínima) en cada banda y el factor corrector de la distancia al sol. Los dos primeros datos aparecen explicitados en el archivo de cabecera.

Tienes que tener en cuenta que la banda 6 en Landsat corresponde al canal en el térmico. El tercer dato podemos calcularlo a partir de la siguiente fórmula:

$D = (1 + 0.01674 * (\sin(2\pi * (J - 93.5) / 365)))^2$ , siendo J el día juliano correspondiente a la fecha de la imagen (en nuestra imagen, 164).

**NOTA:**

El día juliano se refiere a una forma de consignar una fecha dentro de un año. Va del 1 al 365, o 366 si el año es bisiesto. Por tanto, todas las fechas se consignan consecutivamente en este intervalo. De este modo, el 31 de enero tendría un J=31 y el 1 de febrero J=32, es decir, el día juliano es igual a la suma de los días del año que preceden a una fecha más uno.

7. Abre una hoja de cálculo electrónica e implementa la fórmula del factor corrector de la distancia al Sol. La expresión que debes utilizar para traducir la fórmula de cálculo de D en **EXCEL** es la siguiente:

$$=(1+0.01674*(\text{SENO}(2*\text{PI}()* (164-93.5)/365)))^2$$

8. Una vez que tengas todos los datos pulsa **OK**.
9. Volvemos al **Viewer** si lo hemos mantenido abierto o lo abrimos de nuevo desde el módulo principal de **ERDAS IMAGINE** cargamos las dos imágenes, “Landsat\_nw\_6bandas” y “Landsat\_nw\_6bandas\_reflectance”. Para observar los cambios en los valores de cada pixel utilizamos la herramienta **Inquire Cursor** y nos vamos situando sobre tipos de cubierta ya conocidas. Desde el panel de **Contents** podemos cambiar el orden de las imágenes para observar cómo los valores de los píxeles cambian.
10. Otro modo de consultar los valores simultáneos de dos imágenes consiste en crear dos vistas y cargar una imagen en cada una haciendo un *link* entre ellas. Para ello elegimos la opción **Add Views – Display Two Views** desde la pestaña **Home**.
11. Situándonos en la nueva vista cargamos la imagen *landsat\_nw\_6bandas.img*. Para enlazarlas elegimos la opción Link **All Views** desde la pestaña **Home**, y a continuación **Equalize Scales**.

12. A continuación utilizamos el Inquire Cursor y observamos los valores que ofrece, para visualizar los valores para un píxel determinado sólo tendremos que pulsar el botón situado en la esquina superior derecha (Goto Next Linked View).

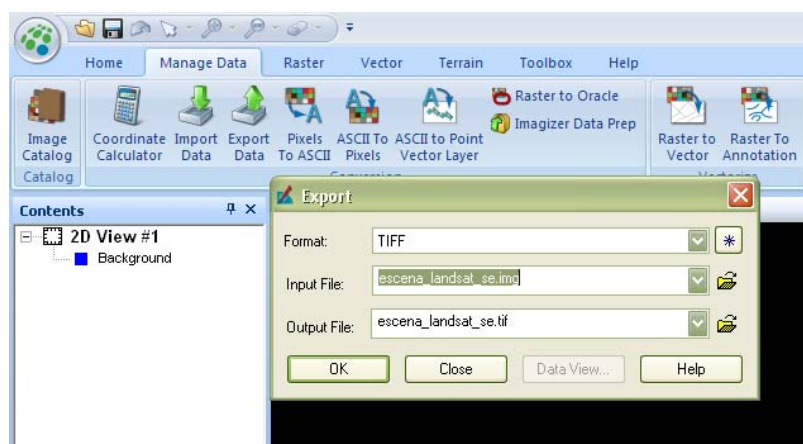


13. Para finalizar desactiva la función link y comprueba que se ha realizado correctamente.

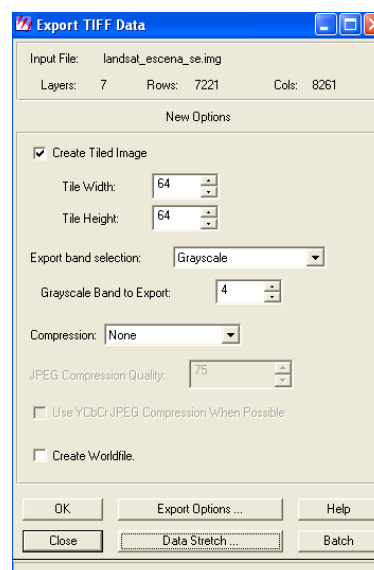
## Práctica 4.2

Vamos a solucionar el problema de un corte en una imagen a través de la aplicación de un filtro. Previamente vamos a exportar una de las bandas con problemas que componen una imagen en formato .img.

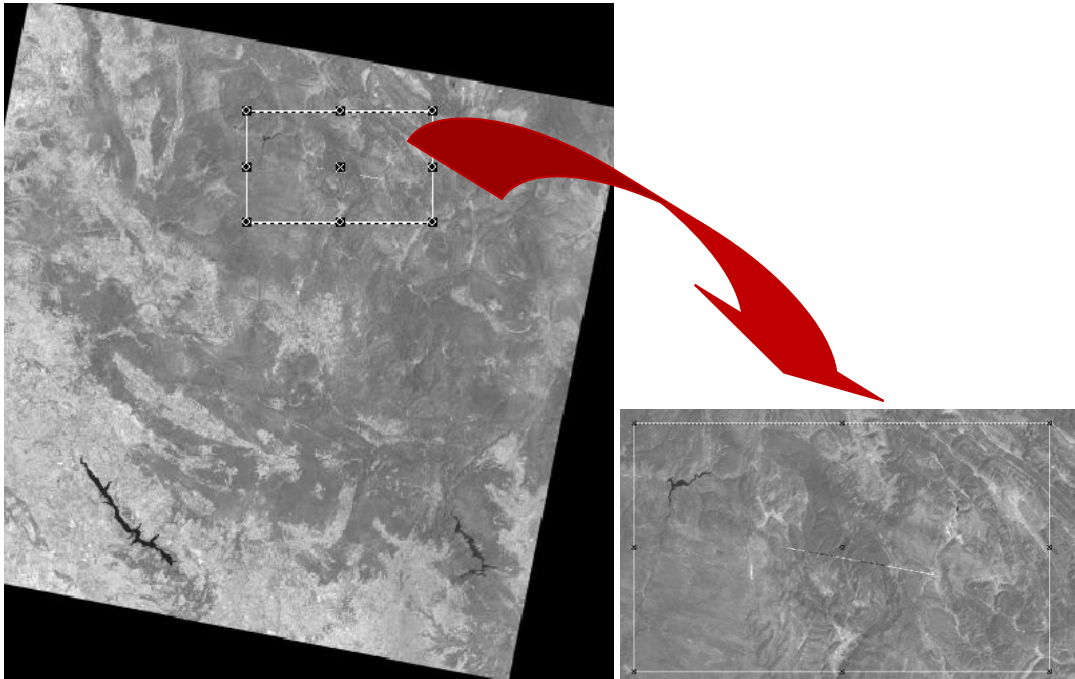
1. Desde la pestaña **Manage Data** elige la opción **Export Data**. Queremos exportar a TIFF una imagen que se haya en la carpeta “Practica4” y que se llama “escena\_landsat\_se.img”. Daremos un nombre al archivo de salida y lo guardaremos en la misma carpeta.



2. Pulsamos **Ok**.
3. En la siguiente ventana indicamos que sólo queremos exportar una banda. En **Export Band Selection** optamos por **Grayscale** y en **Grayscale Band to Export** indicamos la banda 4. Pulsa **Ok**.

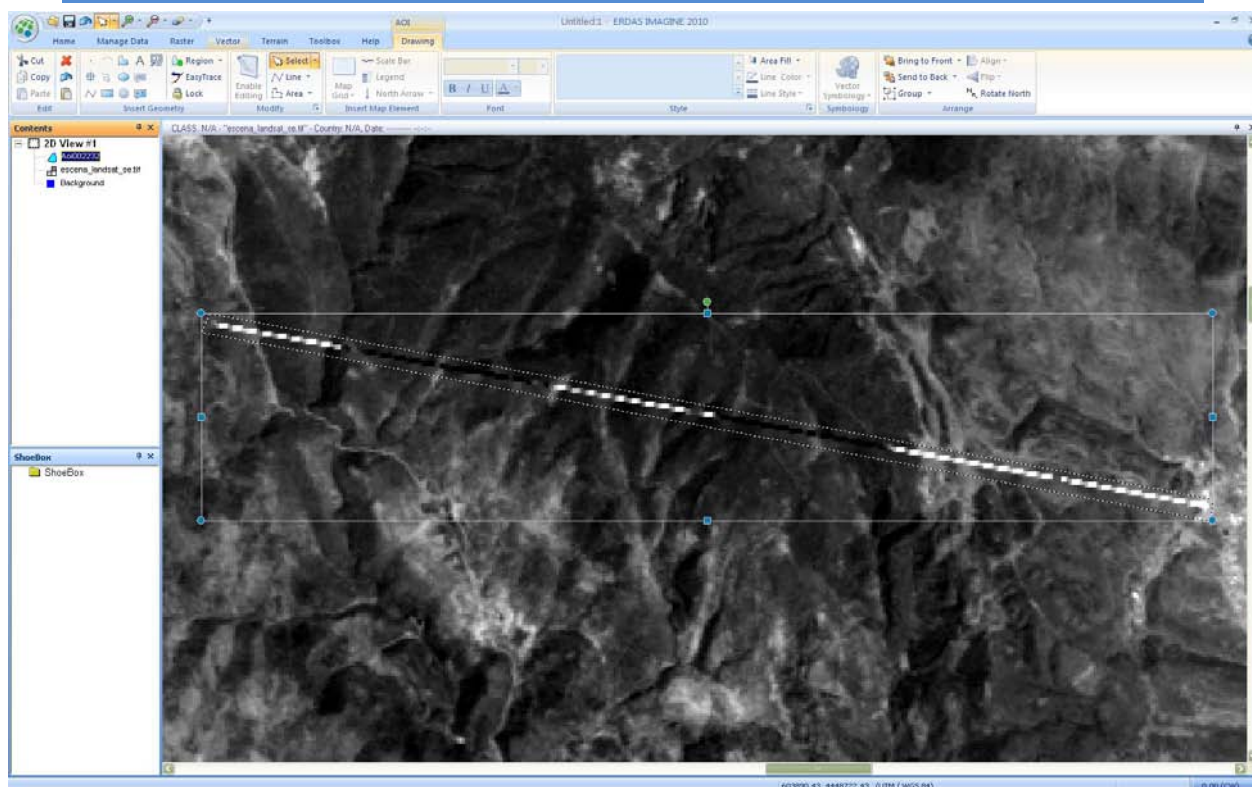


4. Abre la imagen tif generada en el **Viewer** y localiza un corte que existe en la misma (la captura de pantalla te puede servir de referencia). Haz un zoom sobre la zona.

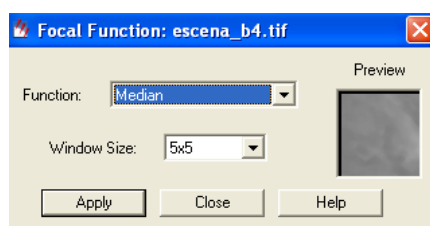


5. Un problema de este tipo se puede solucionar mediante la aplicación de un filtro que pondere los valores de un pixel con los que se encuentran a su alrededor. Para no alterar los valores digitales de toda la imagen vamos a seleccionar sólo la zona del corte, creando una AOI desde el **Menú principal – New – 2D view – AOI Layer**.
6. Hacemos zoom a la zona y con la herramienta **Polygon** de la pestaña **AOI / Drawing** dibujamos un polígono en torno a la zona de la imagen afectada:





7. Desde la pestaña **Panchromatic** seleccionamos **Convolution filtering – Statistical Filtering**, manteniendo seleccionada la AOI que acabamos de crear.
8. Una posibilidad es aplicar un filtro estadístico de tipo **Median** sobre una ventana móvil 5x5.



**NOTA:**

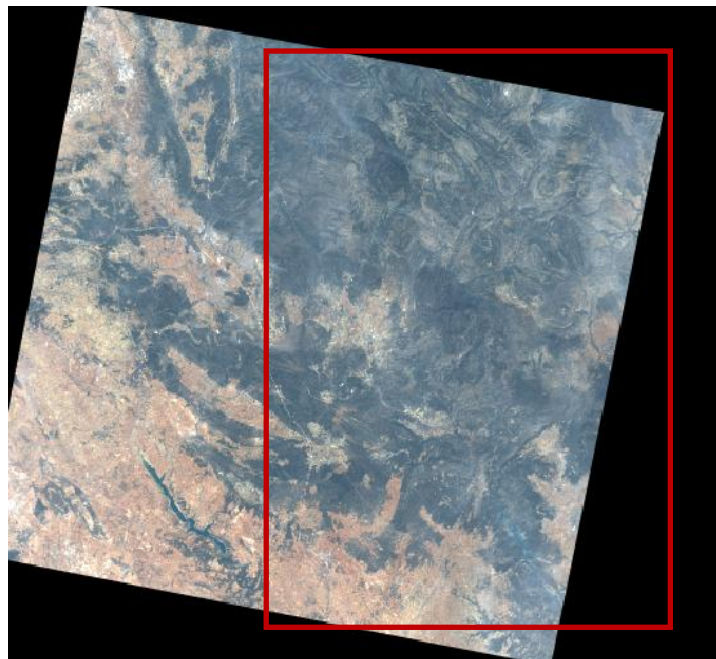
El filtro **Median** fija como valor del píxel la mediana de los valores de los píxeles incluidos en la ventana móvil.

9. Al realizar la operación nos aparecerá un aviso indicando que los valores de los píxeles de la imagen se verán alterados. Aceptamos.
10. Una vez corregida la imagen eliminamos la AOI de la tabla de contenidos (no hace falta que la guardemos) y salvamos la imagen en formato **.img** añadiendo el sufijo **\_corregida** al nombre. Esto se hace desde el **Menú principal – Save as – Top Layer As**.

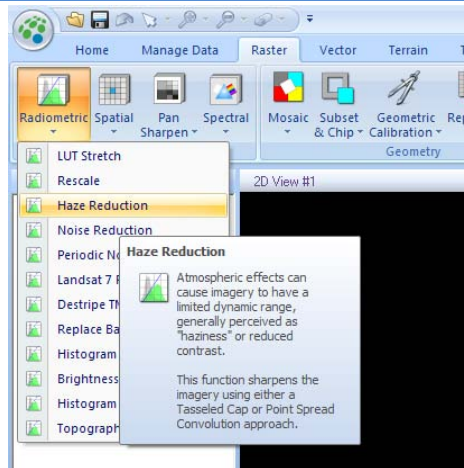
## Práctica 4.3

**ERDAS IMAGINE** contiene una función para reducir el efecto de presencia de neblinas mediante la aplicación del método *Tasseled Cap*. Este método requiere de una adaptación específica a las características técnicas de cada sensor. En el caso de **ERDAS** sólo está diseñado para aplicarse sobre imágenes Landsat 4, 5 y 7.

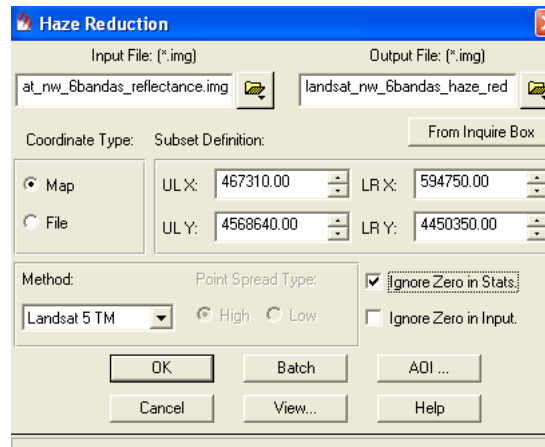
1. Si abrimos la imagen “landsat\_escena\_se” en el **Viewer** y la visualizamos (prueba con una composición RGB en color natural) podremos observar la presencia de vapor de agua (este efecto se observará más fácilmente en contraste con las cubiertas vegetales, es decir, las que muestran un color verde en una composición en color natural; aunque también sería apreciable con otro tipo de composiciones).
2. Podremos reducir este efecto a través de la transformación *Tasseled Cap* mencionada. Esto implicará la transformación de los valores digitales de la imagen e entrada.



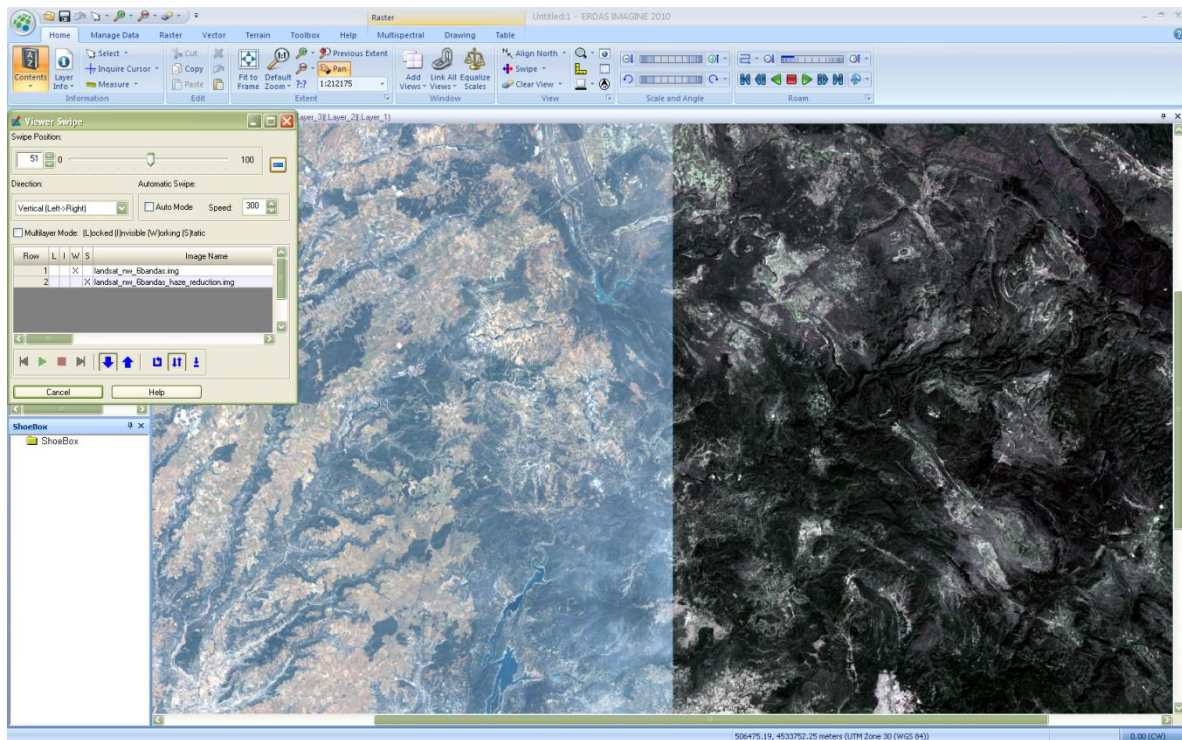
3. Para acceder a esta transformación deberemos dirigirnos a la pestaña **Raster** y seleccionar **Radiometric – Haze Reduction**.



- La aplicación es sencilla. Tan sólo tendremos que indicar un archivo de entrada (en nuestro caso la imagen "*landsat\_nw\_6bandas*") y un nombre al fichero de salida (elige uno que sea representativo del proceso que vas a realizar). El tipo de **Point Spread Type** se refiere al tipo de matriz *kernel* que queremos aplicar en la corrección (High=5x5; Low=3x3). No obstante, ya están predefinidos para el caso de imágenes Landsat5, por lo que seleccionamos este valor. Una vez completados todos los datos necesarios pulsamos **Ok**.



- Ahora debemos comprobar el efecto provocado en la imagen visualizándola en el **Viewer** junto con la imagen sin transformar (la combinación de bandas más adecuada para ver los cambios es color verdadero). Aplica algunas de las herramientas de visualización que ya conoces (**Swipe**) También comprueba el cambio en los valores digitales a través del **Inquire Cursor**.

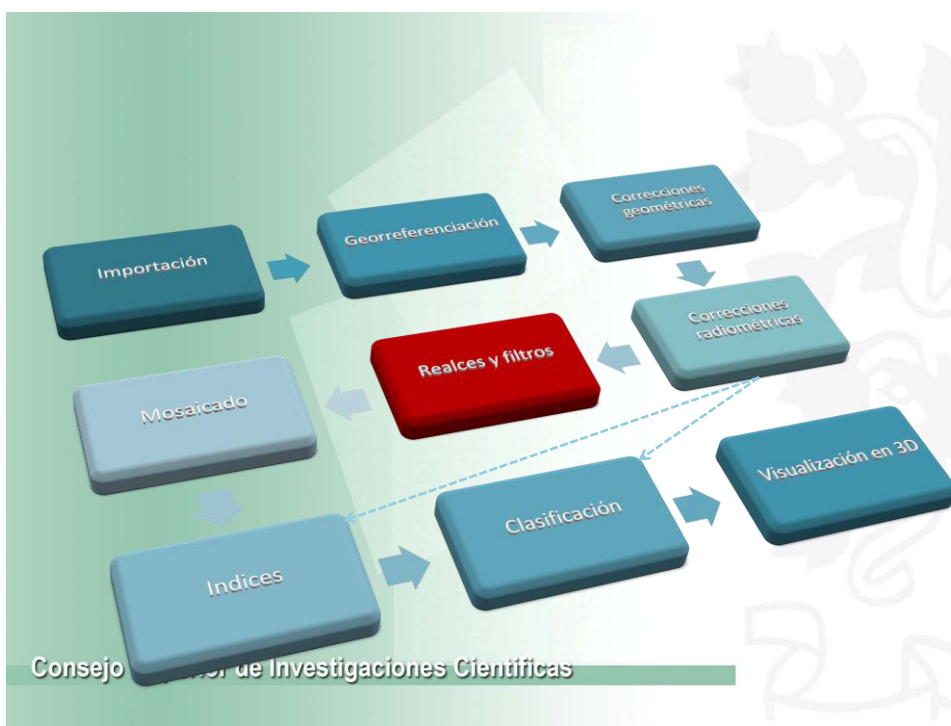






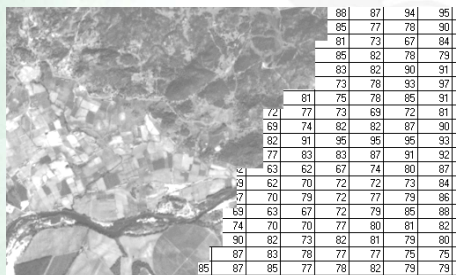
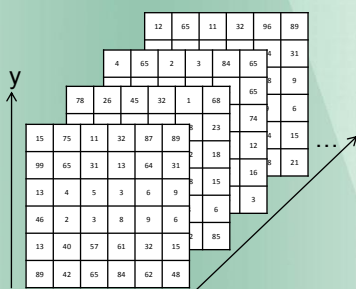
## Realces y filtros

*Operaciones más habituales*



## La imagen digital

Una imagen es una matriz de datos



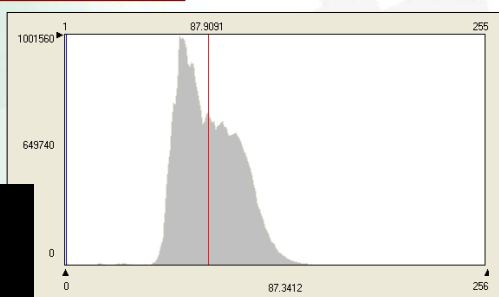
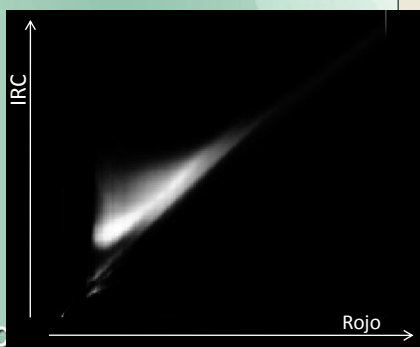
La unidad básica de información es el píxel, en el que se almacena un valor o ND para cada banda

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## La imagen digital

### Análisis de la imagen

Histograma, parámetros básicos banda a banda: media, desviación típica



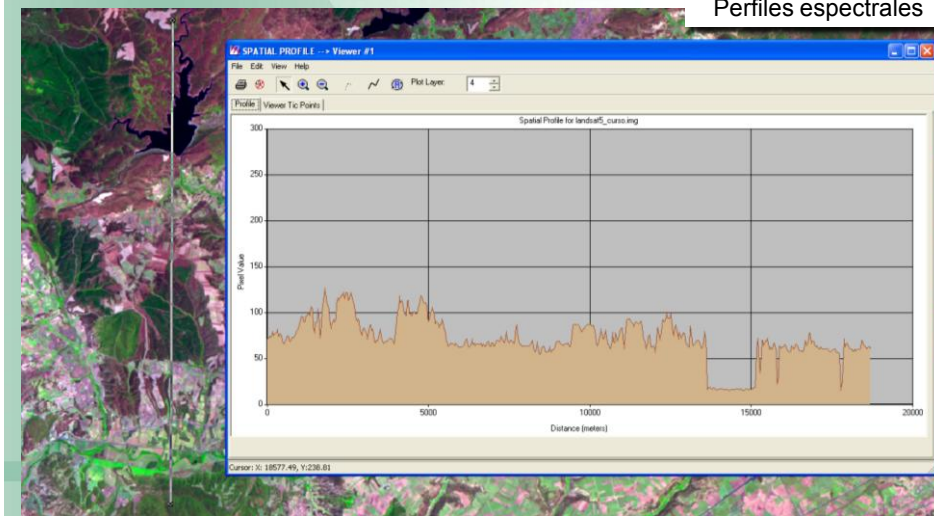
Correlación entre bandas



## La imagen digital

### Análisis de la imagen

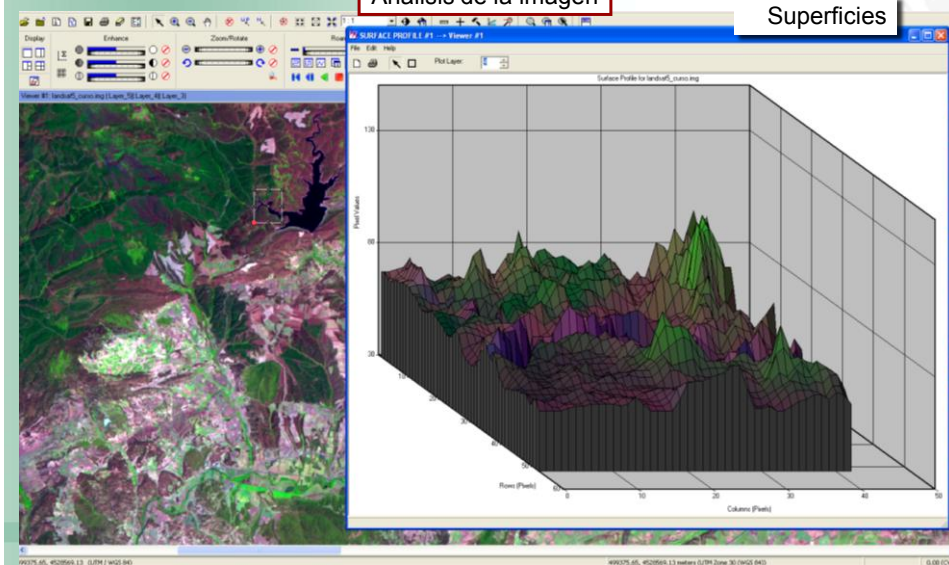
#### Perfiles espectrales



## La imagen digital

### Análisis de la imagen

#### Superficies



## Realces

### Ajuste del contraste

*Problema:* Diferencia entre niveles digitales y niveles de visualización

*Objetivo:* Adaptar la resolución radiométrica para una mejor visualización

Definiciones de contraste

$$C = \frac{ND_{\max}}{ND_{\min}}$$

$$C = ND_{\max} - ND_{\min}$$

$$C = \sigma_{ND}$$

**Tablas de referencia de color:** Nivel Visual para cada Nivel Digital

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Realces

### Compresión del contraste

Para sensores que codifican la radiancia en más de 8 bits, es decir, en más de 256 Niveles Digitales

Establecimiento de intervalos

### Expansión del contraste

Cuando el rango de ND es menor que los Niveles Visuales disponibles

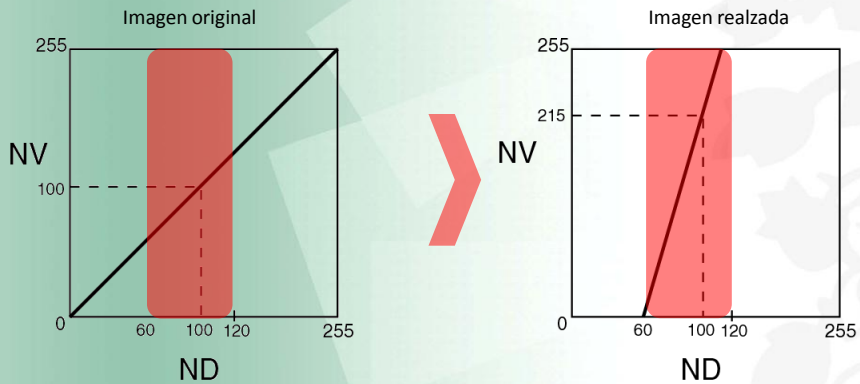
#### Métodos:

- Expansión lineal: entre el mínimo y el máximo
- Ecuación del histograma: a cada ND un número igual de NV
- Desviaciones típicas: ajuste lineal entre los umbrales definidos por  $n$  desviaciones típicas
- Personalizada: para una zona concreta, o definiendo manualmente los puntos de ruptura

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Realces

### Expansión lineal



La relación entre Niveles Digitales y Visuales queda definida por una función, que vemos expresada en la pendiente de la recta

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Realces



Cambio de una imagen sin realzar a una realzada



Consejo Superior

## Filtrajes

Operación de vecindad inmediata

Obtención de nuevos valores a partir de los valores de píxeles vecinos

Se busca suavizar o reforzar el contraste espacial para mejorar la visualización eliminando valores anómalos o resaltando las diferencias

### TIPOS

**Paso bajo:** suavizado contraste

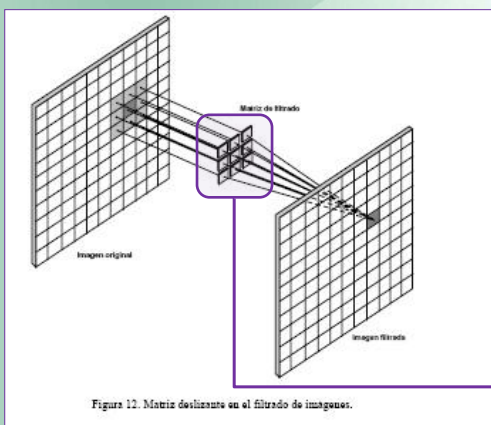
**Paso alto:** realce diferencias

**Filtros modales:** para variables temáticas

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Filtrajes

Transformación mediante operadores locales: ventanas de diferentes tamaño  
(3x3 5x5 7x7)



Cada píxel de la nueva imagen será función de los valores de los de su alrededor

| Paso bajo |   |   | Paso alto |    |    |
|-----------|---|---|-----------|----|----|
| 1         | 1 | 1 | -1        | -1 | -1 |
| 1         | 2 | 1 | -1        | 9  | -1 |
| 1         | 1 | 1 | -1        | -1 | -1 |

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Filtrajes

Filtro de paso bajo

Imagen filtrada

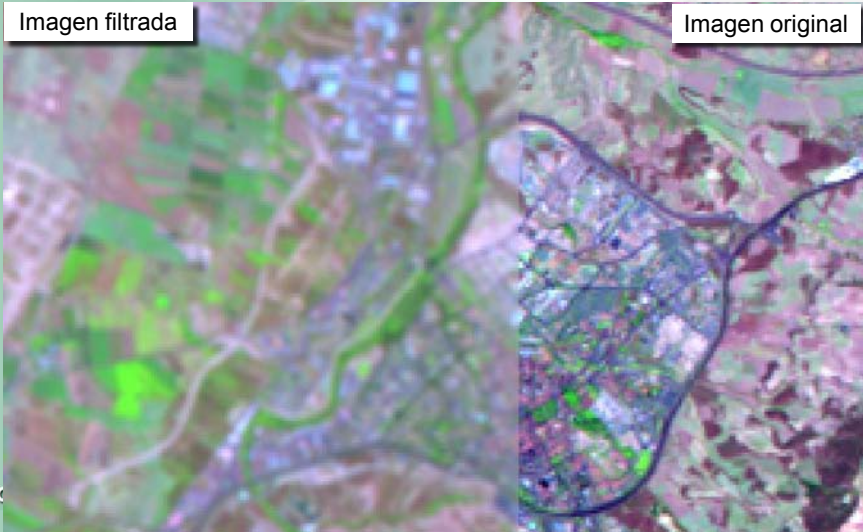


Imagen original

## Filtrajes

Filtro de paso alto

Imagen filtrada

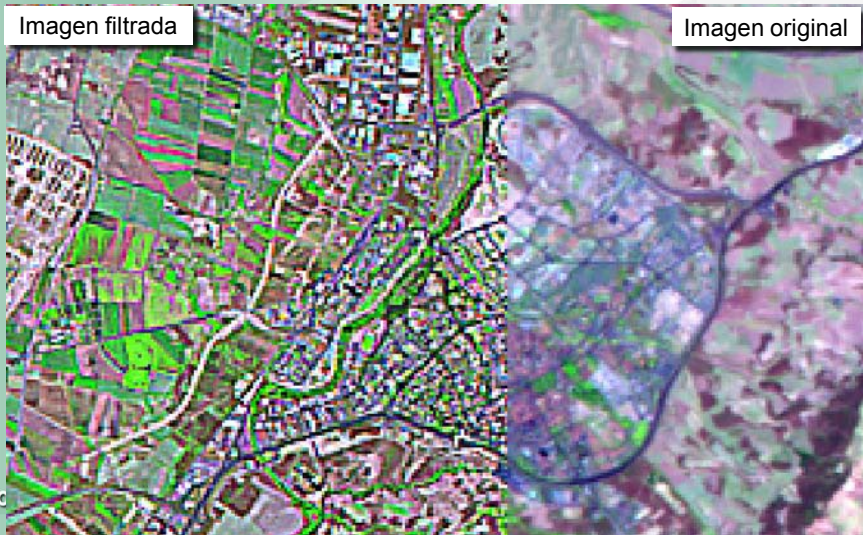
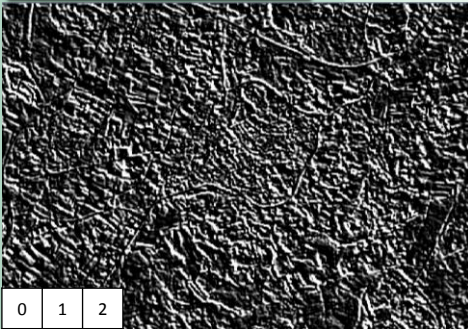


Imagen original

## Filtrajes

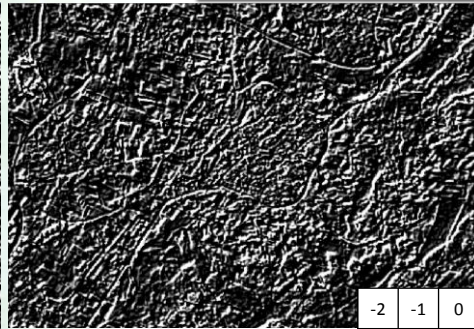
### Filtros de paso alto direccionales

Filtro diagonal izquierda



|    |    |   |
|----|----|---|
| 0  | 1  | 2 |
| -1 | 0  | 1 |
| -2 | -1 | 0 |

Filtro diagonal derecha



|    |    |   |
|----|----|---|
| -2 | -1 | 0 |
| -1 | 0  | 1 |
| 0  | 1  | 2 |

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Filtrajes

### Textura

Interpretación de la imagen: contraste espacial entre los elementos de la imagen. Varía en función del tamaño de los objetos y de la resolución espacial

Medición mediante operaciones de vecindad.

Varianza: resalta los límites de los objetos



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

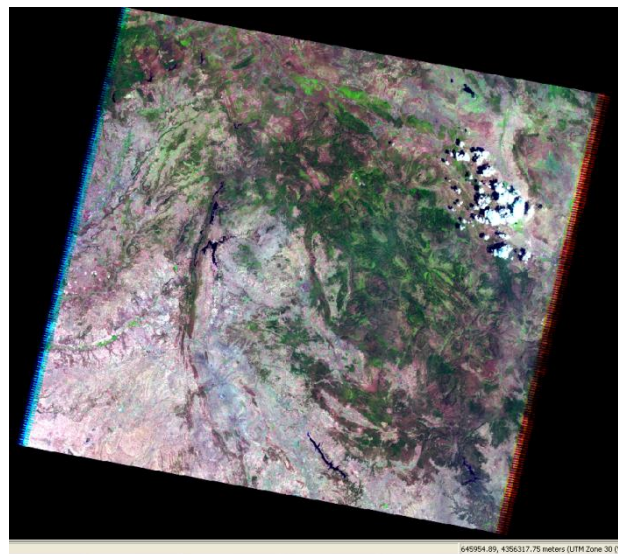


## Práctica 5: Realces y filtros

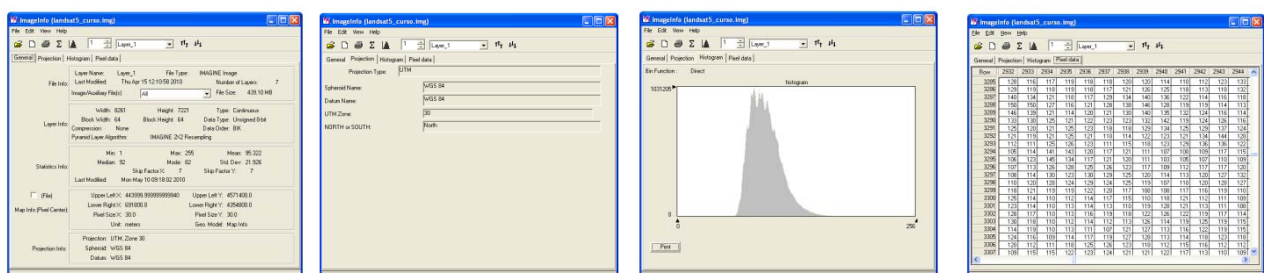
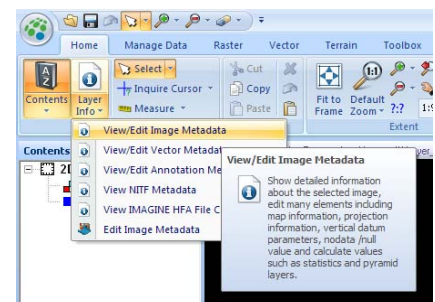
### La imagen digital

Vamos a visualizar la información digital que contiene la imagen, los Niveles Digitales que, como sabemos, codifican valores de radiancia recogidos por el sensor.

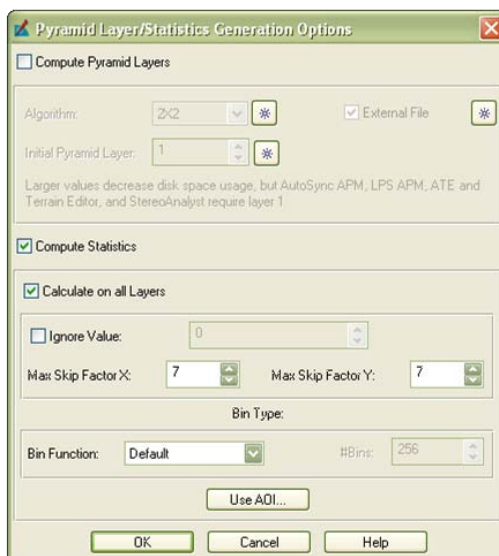
Primero vamos a abrir un visor de ERDAS y la imagen *landsat5\_curso.img*:



Para ver la información hacemos clic en el botón de **View/Edit Image metadata**. Moviéndonos por las diferentes pestañas podemos ver los datos básicos, la proyección, el histograma, o la matriz de datos para cada banda:



Podemos calcular las estadísticas que se muestran en la primera pestaña desde el menú **Edit – Compute Pyramid Layer/Statistics**:

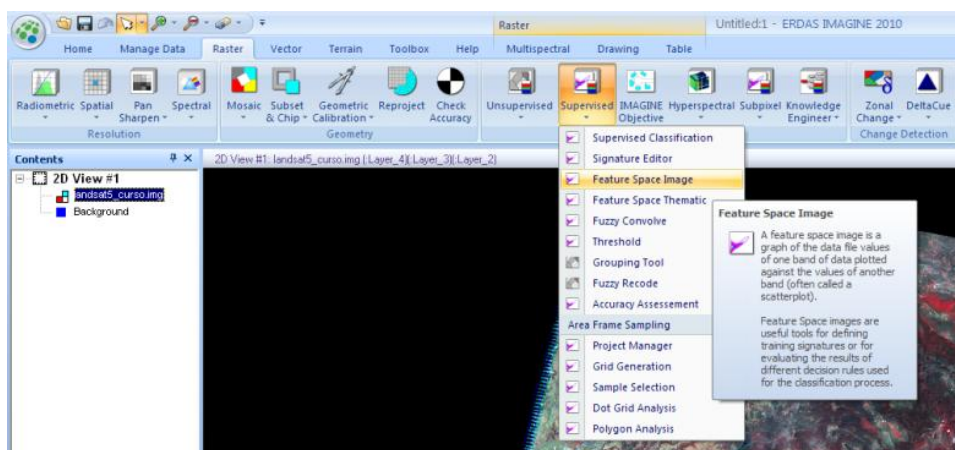


Conviene asegurarse de que ignore los valores de 0 para no falsear los resultados con los valores de 0 del fondo. También podemos establecer el número de píxeles que se salta al muestrear la imagen desde la opción **Skip Factor** o calcular los estadísticos básicos para una zona concreta si hemos definido un **AOI (Area Of Interest)**.

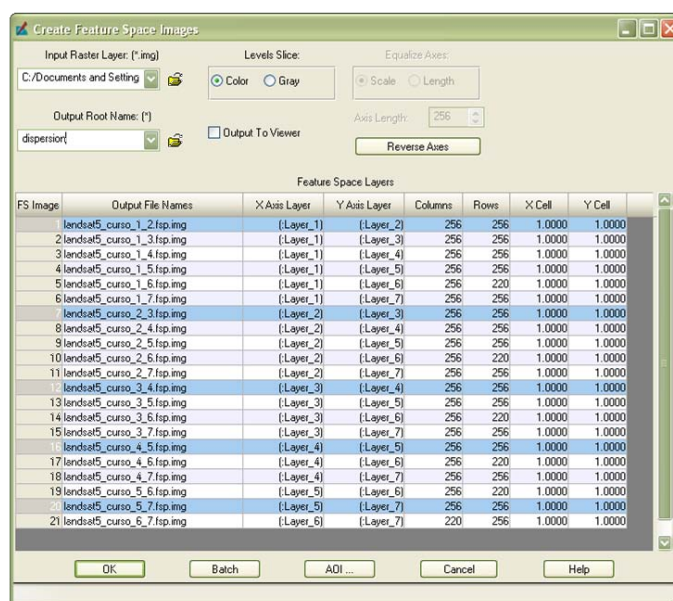
Como parte del análisis de la imagen conviene hacerse una idea de la correlación existente entre las bandas que la componen. Puede ser conveniente eliminar alguna banda altamente correlacionada con otra de cara a la posterior clasificación digital.

Vamos a evaluar la correlación entre bandas de forma visual, generando gráficos de dispersión. Para ello crearemos gráficos de dispersión entre dos bandas.

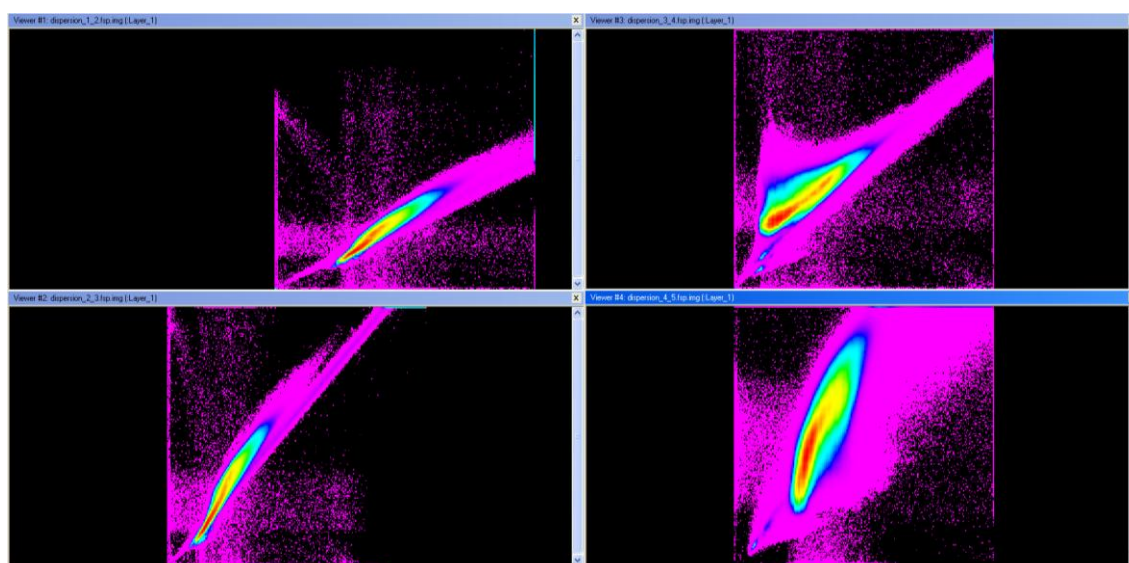
Desde la pestaña **raster – supervised** accedemos a la opción **Feature Space Image**:



Elegimos la imagen *landsat5\_curso.img* como entrada y un nombre para las imágenes de salida (como parte del mismo proceso vamos a crear varias imágenes, que comenzarán con el nombre que introduzcamos y terminarán con la especificación de las bandas representadas): *dispersion*. Al cargar la imagen el programa nos propone automáticamente tantas imágenes de salida como combinaciones entre bandas sea posible. Sin embargo, sólo se crearán las que seleccionemos, o todas, en el caso de no seleccionar ninguna. Con la tecla de mayúsculas pulsada seleccionamos las siguientes combinaciones: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 y 5-7, y aceptamos para comenzar el proceso:



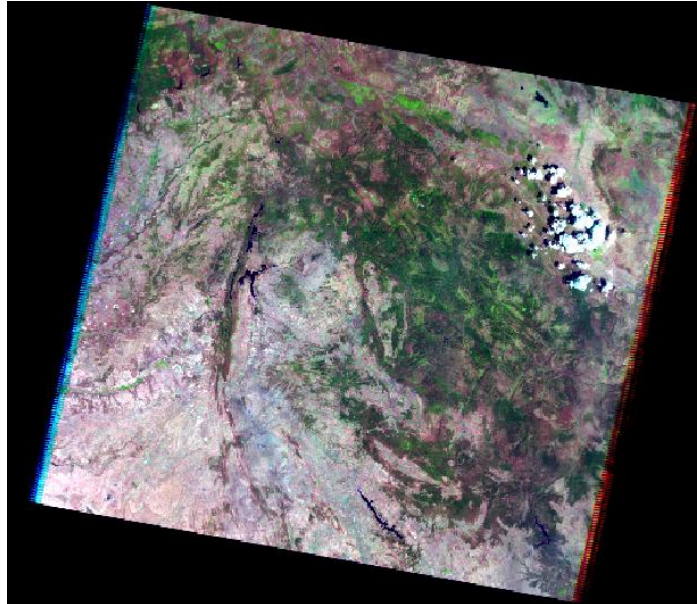
El resultado será una imagen por cada combinación seleccionada, que se puede mostrar en el visor para su análisis, como cualquier otra imagen:



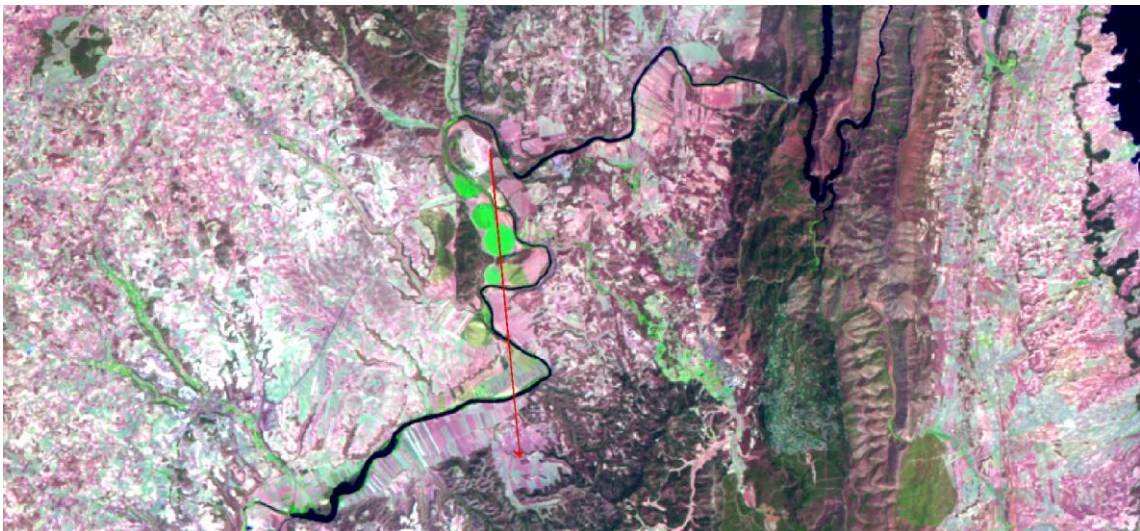
Nota: se pueden mostrar varios visores dentro del mismo marco mediante la opción **Add Views**



A continuación vamos a examinar la imagen de forma visual. Para ello abrimos la imagen *landsat5\_curso.img* desde un visor de ERDAS:

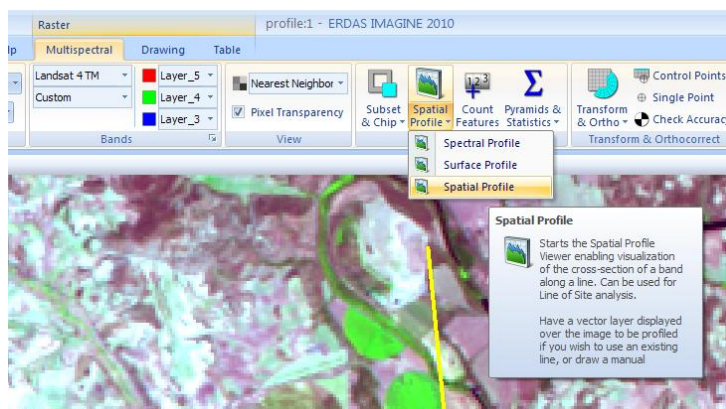


Vamos a obtener un perfil sobre la imagen landsat. Para ello abriremos el archivo *profile.ixs* desde el menú principal **Open –Session**. Este archivo *ixs* contiene una vista determinada sobre una zona determinada de la imagen y un archivo vectorial con una línea:



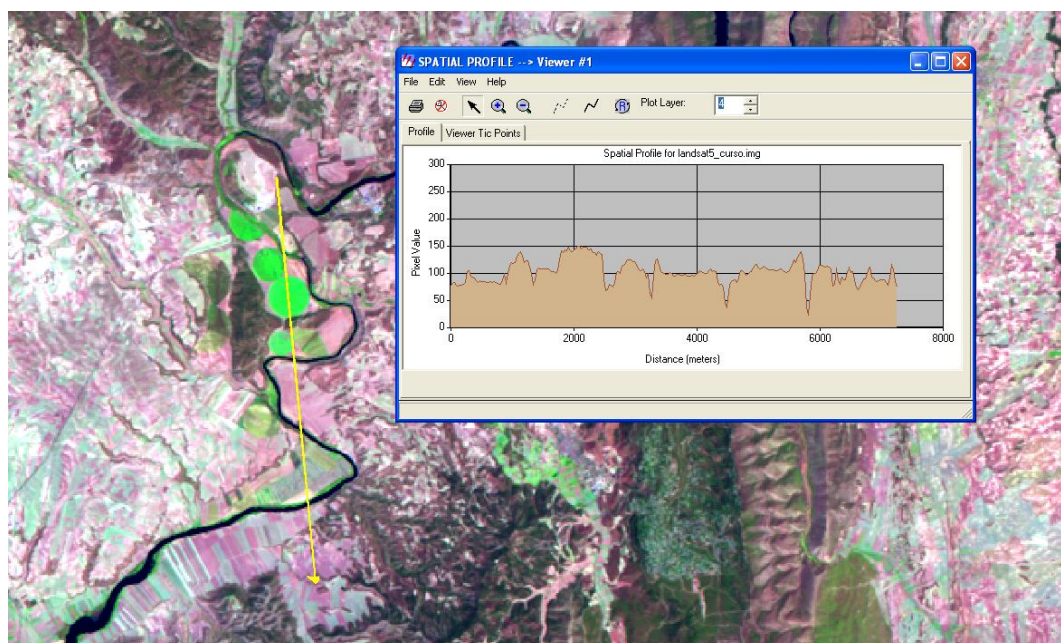
Nota: puedes usar los archivos *ixs* para almacenar vistas con capas raster y vectoriales, una determinada combinación de bandas, una escala de visualización, etcétera.

Seleccionamos la línea haciendo clic sobre ella y a continuación seleccionamos la herramienta **Spatial Profile** desde la pestaña **Multispectral** (ten en cuenta que las opciones **raster** sólo aparecen cuando tenemos seleccionada la imagen desde la tabla de contenidos):



Existen tres tipos de perfiles, espectrales, espaciales o superficiales. Los espectrales recogen el valor que tiene un punto en las diferentes bandas de la imagen, los espaciales permiten ver la respuesta de una banda a lo largo de una línea y las superficies son lo mismo en dos dimensiones, sobre un rectángulo.

Al aceptar vemos la ventana desde la que podemos crear una línea para ver su perfil o hacer el perfil desde la capa vectorial seleccionada . Elegimos esta segunda opción y seleccionamos la banda 4, de Infrarrojo próximo:



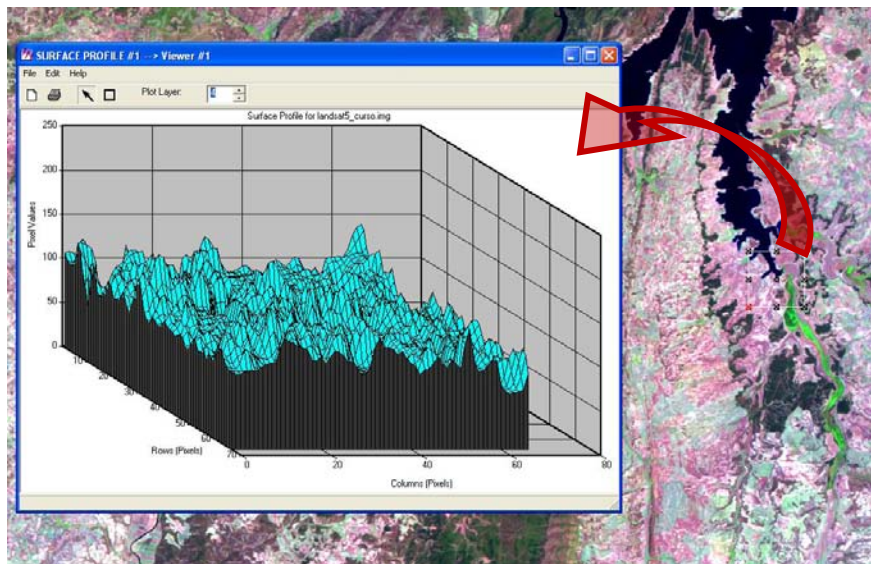


Podemos identificar la respuesta espectral de las diferentes cubiertas atravesadas por nuestra línea: el suelo desnudo, las parcelas cultivadas y los picos de baja radiancia que señalan el cruce del río.

Sin cerrar la ventana de perfiles espectrales podemos movernos por la imagen y crear nuevos perfiles. Haz la prueba en distintas zonas de la imagen para intentar interpretar la respuesta espectral en las diferentes bandas que ya conocemos.

A continuación vamos a realizar la misma operación sobre una superficie, en lugar de una simple línea.

Cerramos la herramienta de crear perfiles y navegamos hasta una zona de nuestra elección. Seleccionamos esta vez la opción **Surface Profile**. Mediante la herramienta **Create box in viewer** ☐ elegimos el área cuyos valores queremos representar (no conviene seleccionar un área demasiado amplia):



Para mejorar la visualización podemos cambiar la medida de los ejes desde el menú **Edit – Chart Options** y superponer una imagen temática o continua. Haciendo clic en **Edit – Overlay Truecolor** vamos a superponer la imagen *landsat5\_curso.img*, eligiendo la combinación de bandas que prefiramos.

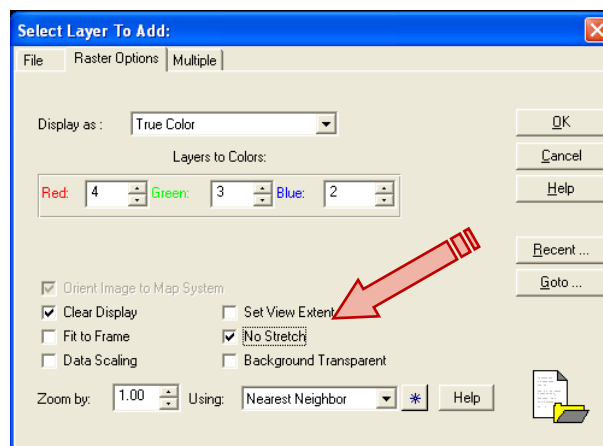
Cambiando la banda mostrada, podemos estudiar la respuesta de las diferentes cubiertas.



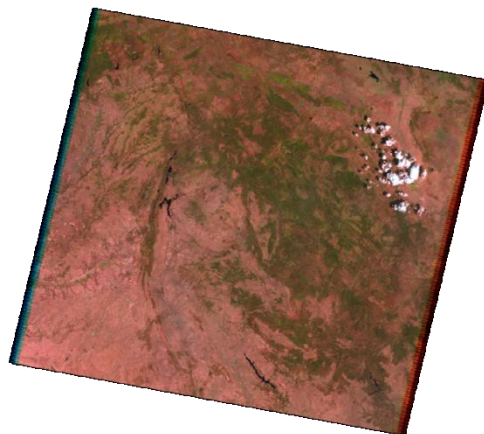
## Realces

ERDAS aplica un realce al abrir las imágenes de forma automática, para mejorar su visualización. Vamos a probar a visualizar la misma imagen con la que hemos estado trabajando sin realce para ver las diferencias.

Abrimos el programa y seleccionamos la imagen *landsat5\_curso.img* desde la carpeta de la práctica 5, pero antes de abrirla nos aseguramos de que lo le aplique ningún realce desde la pestaña **Raster Options**, seleccionando la opción **No Stretch**:

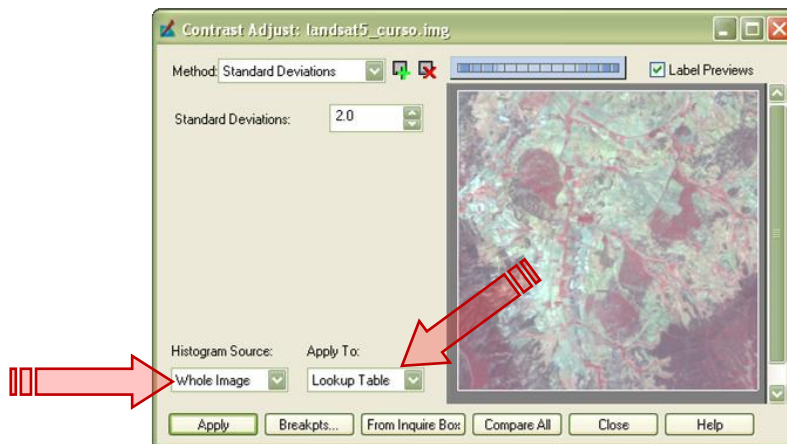


Vemos cómo el contraste de la imagen abierta es mucho menor de lo habitual:



Esto se debe a que el sensor TM está preparado para recoger en 8 bits los valores de radiancia de cualquier cubierta terrestre, pero en la imagen sólo tenemos una pequeña muestra, por lo que no estamos aprovechando la capacidad de visualización de nuestra pantalla.

Ahora vamos a acceder a las opciones de realce desde la pestaña **Multiespectral - General Contrast**:

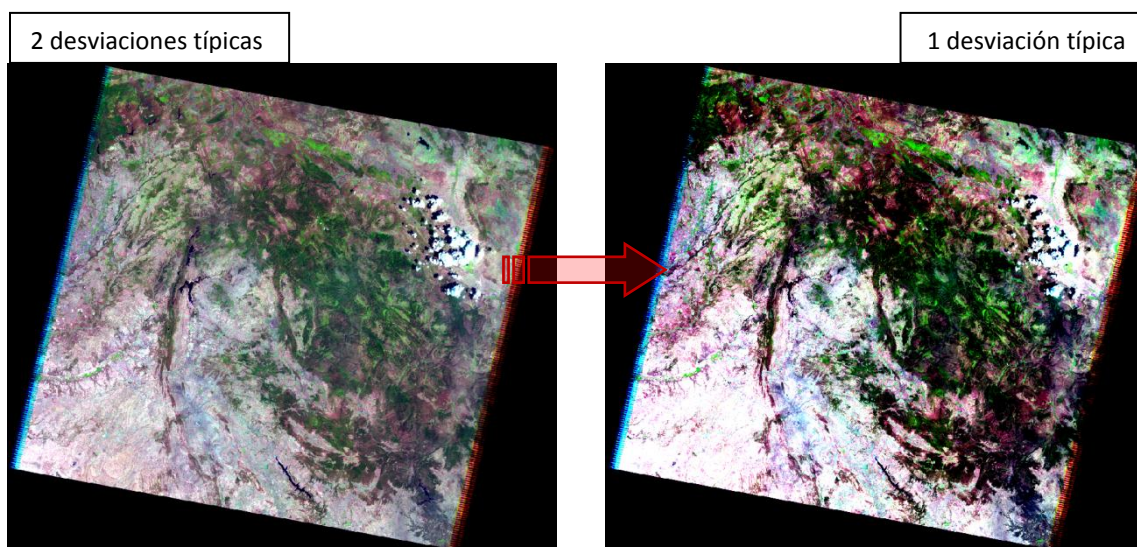


Antes de comenzar a trabajar nos aseguramos de hacerlo sólo sobre los valores de la imagen, sin tener en cuenta el fondo, y que los cambios se apliquen a la tabla de referencia, seleccionando la opción **Whole Image** y **Lookup Table**, como vemos en la imagen.

Desde este cuadro de diálogo podemos definir el método de realce, visualizar los resultados y almacenar los cambios en la tabla de referencia o **Lookup Table**.

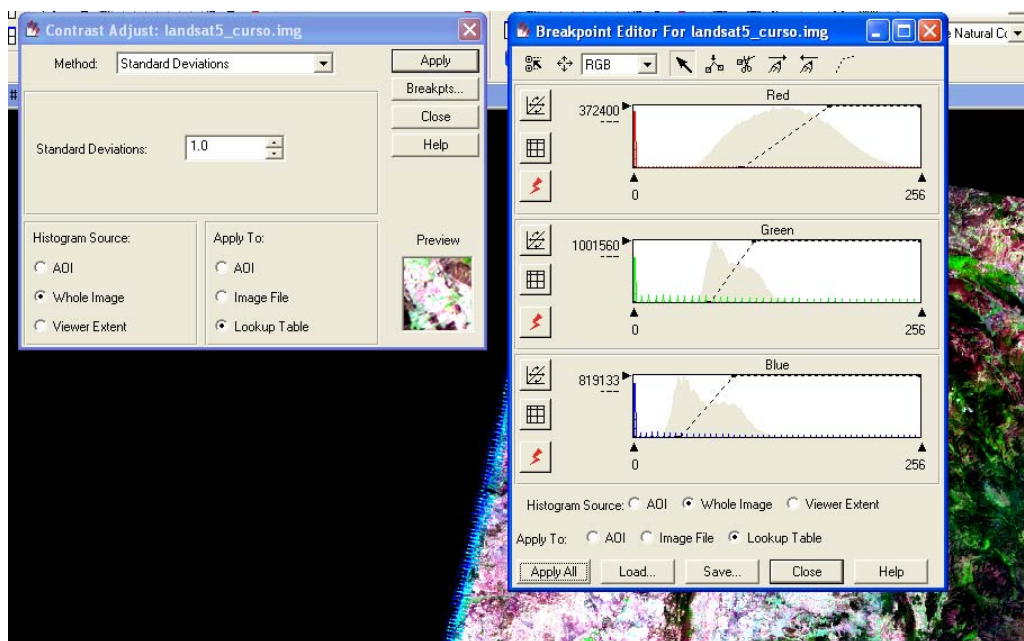
Vamos a realizar una prueba definiendo una expansión del histograma basada en dos desviaciones típicas y luego en una sola para observar las diferencias.

Desplegamos para elegir el método **Standard Deviations** y dejamos el número en 2, en primer lugar, para ver el resultado. A continuación seleccionamos una sola desviación y aplicamos los cambios:



Al elegir una sola desviación típica el contraste es mucho mayor pero la imagen aparece mucho más saturada. Esto es porque el rango de ND considerados es menor y la pendiente de la función que define la relación entre ND y NV mayor, por lo tanto.

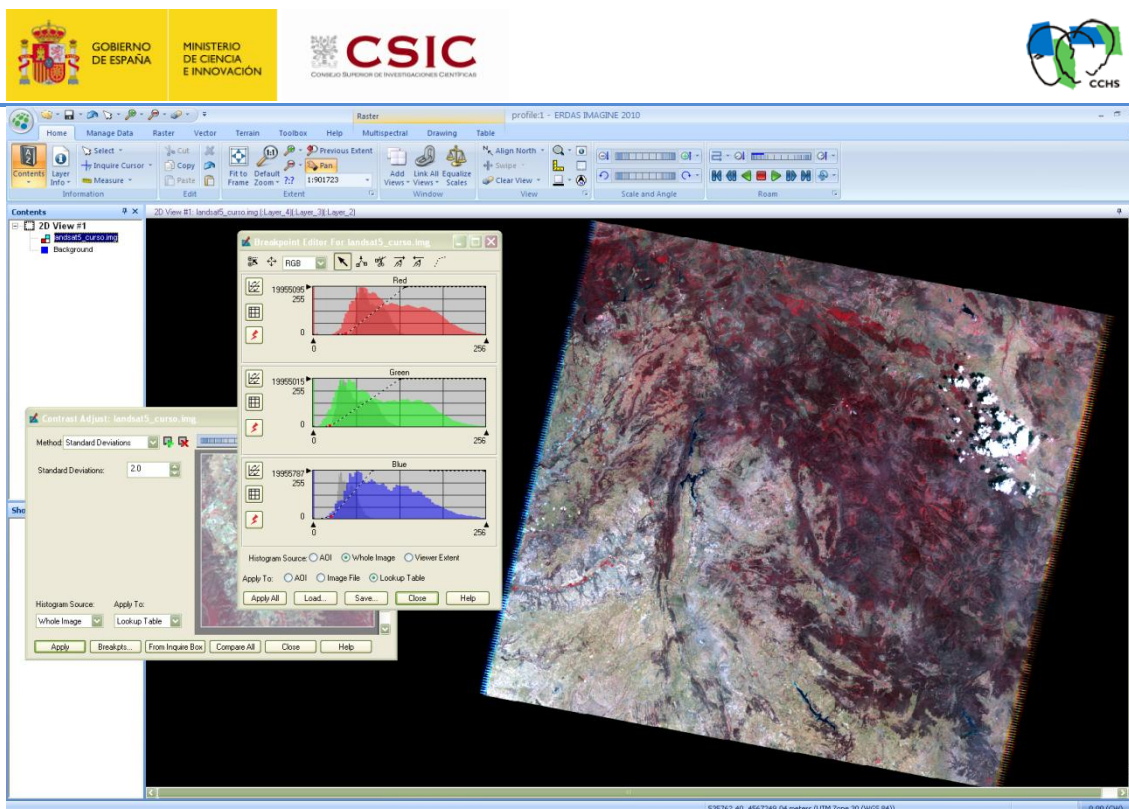
Para una edición personalizada podemos situar los puntos de ruptura de la tabla de referencia de forma manual, visualizando el histograma. A esta opción se accede desde el botón **Breakpts...** En la ventana que aparece al pulsar tenemos los tres canales de visualización, Rojo, Verde y Azul con la línea definida por método de realce seleccionado y una serie de herramientas de edición:




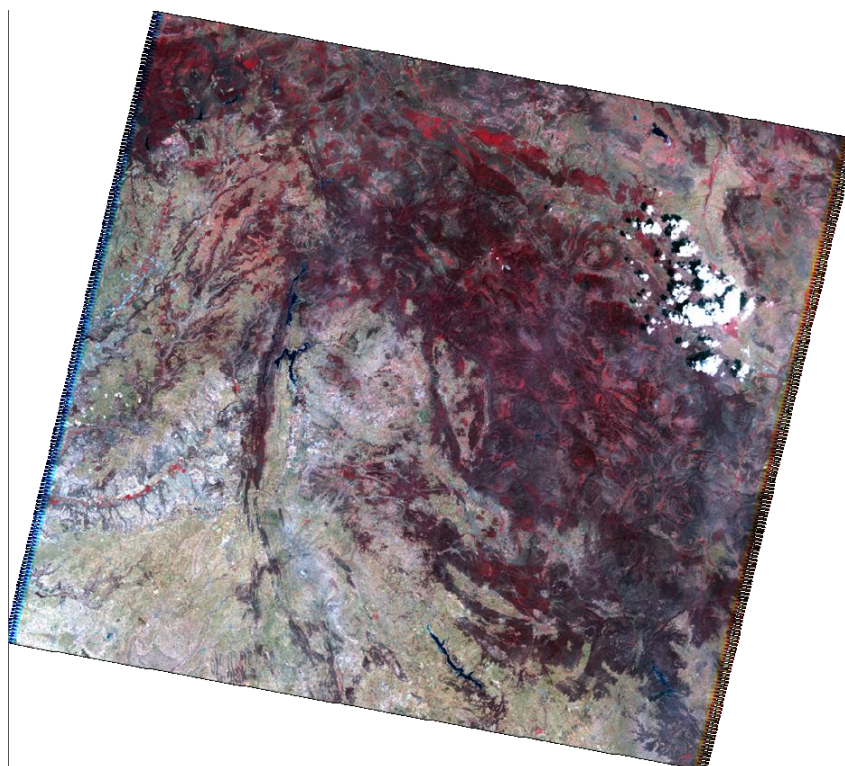
Nota: aunque esta herramienta tiene muchas posibilidades vamos a limitarnos a ver sólo las cuestiones más básicas.


Al igual que en el caso anterior nos aseguramos de no tener en cuenta el fondo negro seleccionado como fuente de datos para el histograma la imagen en la opción **Whole Image**. Con el mismo cursor vamos a manejar los puntos de ruptura que marcan el comienzo y el final de la pendiente en la línea de cada canal, estirándola un poco para que abarque una mayor parte del histograma. Los Niveles de Visualización se distribuyen de forma más homogénea por el histograma, de forma que tendremos una imagen menos saturada:

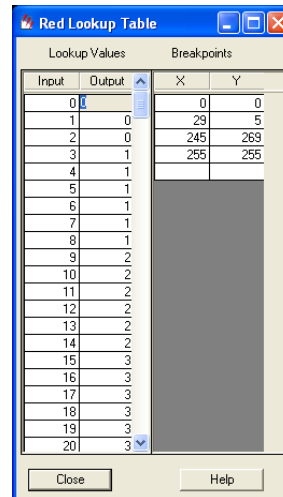




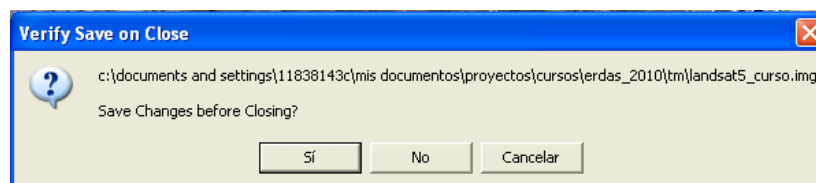
Cuando hayamos conseguido una distribución adecuada pulsamos en el botón de **Apply All** para aplicar todos los cambios, o podemos ir aplicando los cambios de cada canal haciendo clic en sus respectivos botones :



Desde esta herramienta podemos acceder a la propia tabla de referencia para ver qué Nivel Visual hemos adjudicado a cada Nivel Digital. Esto se hace para cada canal mediante su respectivo botón . Desde esta herramienta podemos establecer las coordenadas (en el gráfico de la tabla de referencia) de los puntos de ruptura o directamente cambiar los niveles asignados a mano:



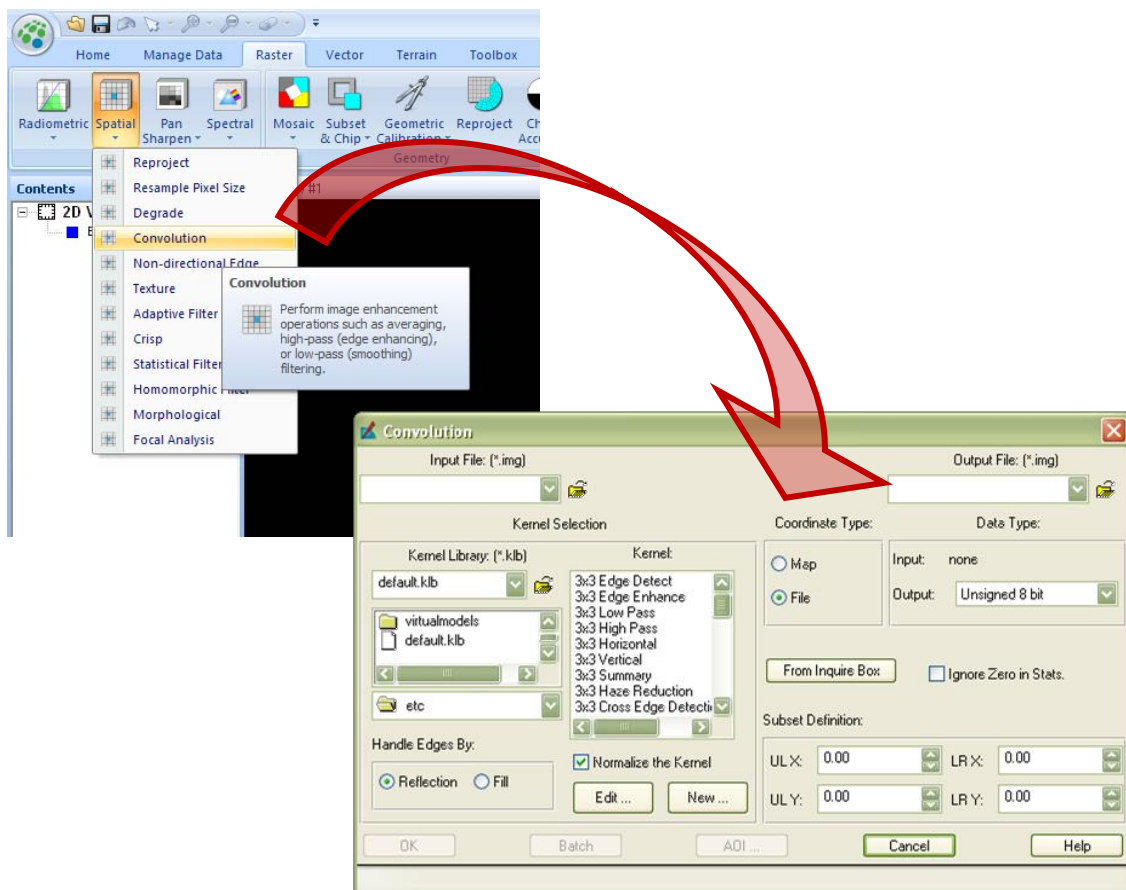
Una vez terminado podemos guardar los cambios desde el cuadro de diálogo del **Breakpoints Editor**, creando un archivo de *breakpoints* que podremos cargar desde este mismo editor. Para guardar los cambios de forma que la tabla de referencia que hemos creado se asocie a la imagen y siempre que la abramos la visualicemos de la misma forma hay que hacerlo desde el propio visor con la opción de **Save Top Layer**. Si no lo hacemos se nos ofrece la oportunidad de guardar cualquier cambio realizado en la tabla de referencia al cerrar la imagen:



Si no salvamos los cambios tenemos que tener en cuenta que cuando la imagen no tiene una tabla de referencia asociada, el visor de ERDAS siempre la muestra con un realce de dos desviaciones típicas, por defecto.

## Filtros

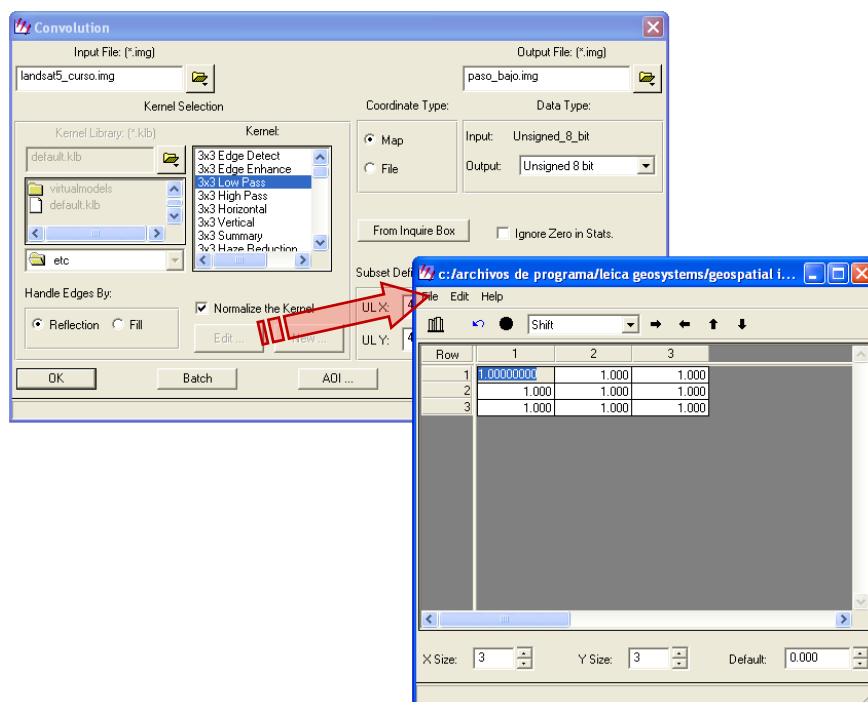
En ERDAS hay una gran cantidad de filtros predefinidos pero también se puede crear un filtro nuevo con los parámetros que deseemos. A todas estas opciones se accede desde la pestaña **Raster** menú **Spatial**, opción **Convolution**:



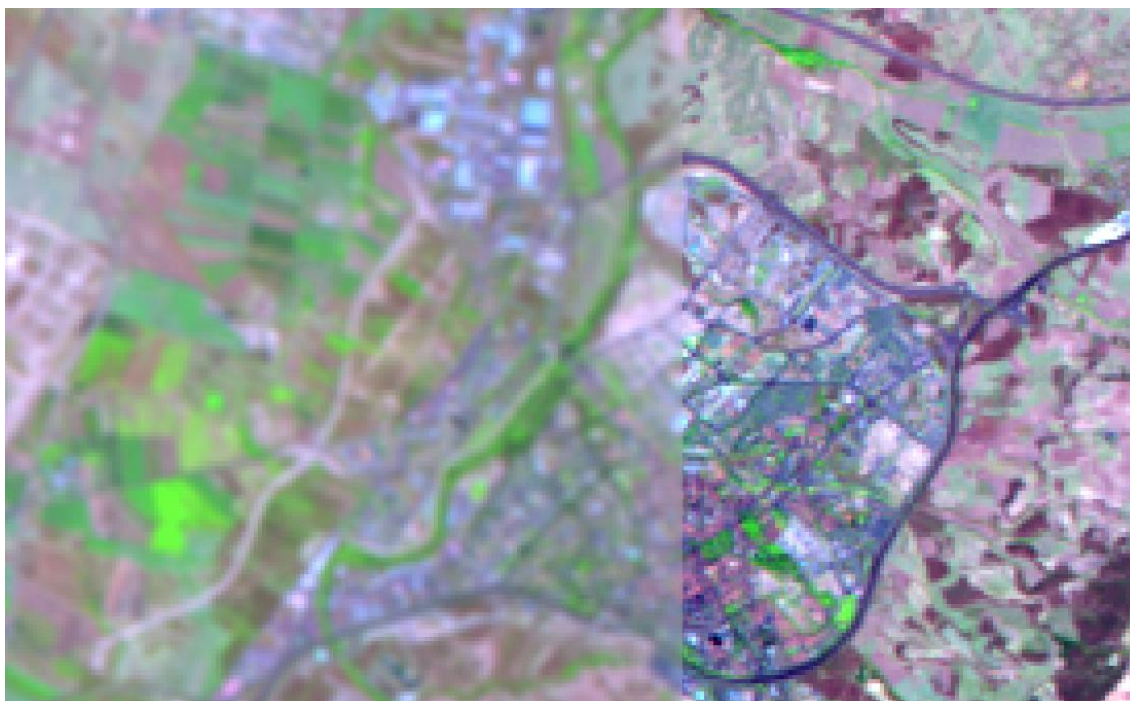
Desde esta ventana podemos elegir diferentes tipos de filtros y aplicarlos a nuestra imagen para crear una nueva imagen filtrada de salida. Vamos a realizar una primera prueba con un filtro de paso bajo para suavizar la imagen.

Desde **Input File** abrimos la imagen *landsat5\_curso.img* y guardamos la imagen resultante en la carpeta de resultados, con el nombre de *paso\_bajo3.img*. Como puedes adivinar, en el desplegable de **Kernel** vamos a seleccionar **3x3 Low Pass**. Antes de aceptar podemos examinar y, eventualmente, cambiar los pesos del filtro que vamos a aplicar desde el botón de **Edit**:



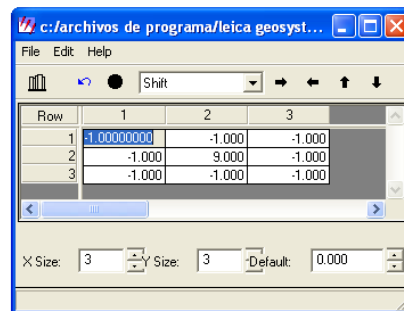


Al multiplicar todos los valores por 1, este filtro va a generar una media de los valores del entorno, suavizando los cambios:



Nota: para examinar las diferencias entre la imagen original y la filtrada una utilidad muy adecuada es la herramienta **Swipe**, como puedes ver en la imagen.

Abrimos de nuevo la herramienta **Convolution** para aplicar un nuevo filtraje, esta vez de paso alto (**3x3 High Pass**), por lo que a la imagen resultante la vamos a llamar *paso\_alto3.img*. Si examinamos esta vez la kernel que va a aplicar vemos cómo cambia con respecto a la anterior, ponderando el valor central muy por encima de los adyacentes:



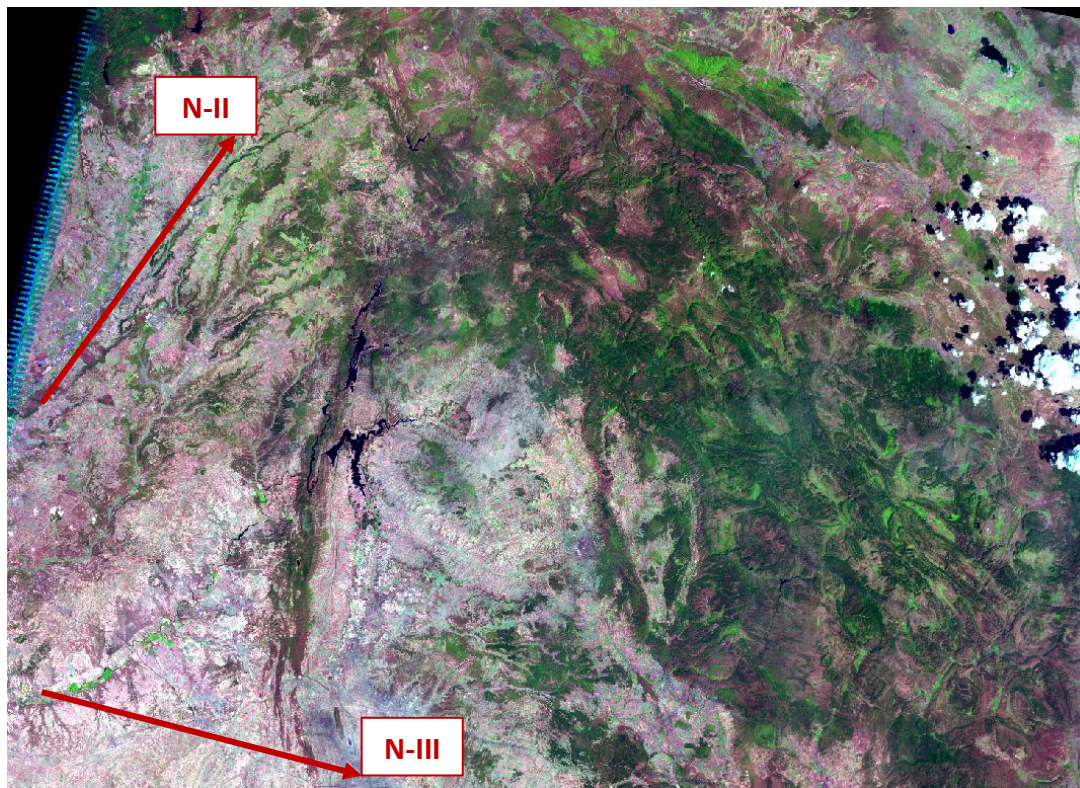
Esta vez la imagen filtrada refuerza mucho las diferencias, resaltando límites de parcelas, manzanas del casco urbano o rasgos lineales como carreteras:



Vamos a realizar otros filtrajes de paso alto y bajo aumentando el tamaño de la ventana móvil para ver cómo se acentúa el efecto de suavizado o refuerzo.



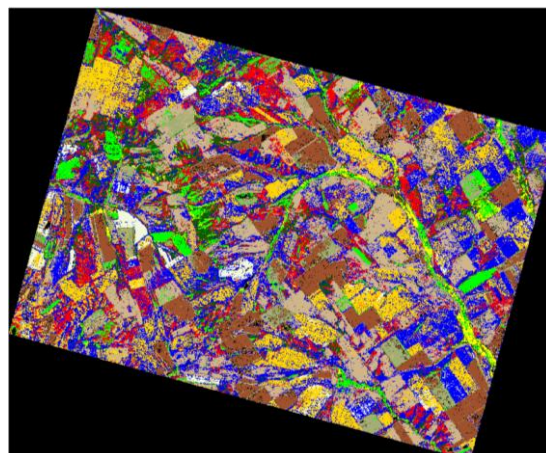
Antes de aplicar los filtros direccionales piensa cuál conviene para resaltar los rasgos lineales más significativos de la imagen, por ejemplo las carreteras más significativas, como son las nacionales II y III:



Al visualizar los resultados de los filtros de dirección puede ser conveniente hacerlo banda a banda en escala de grises, porque las composiciones en color crean cierta confusión.

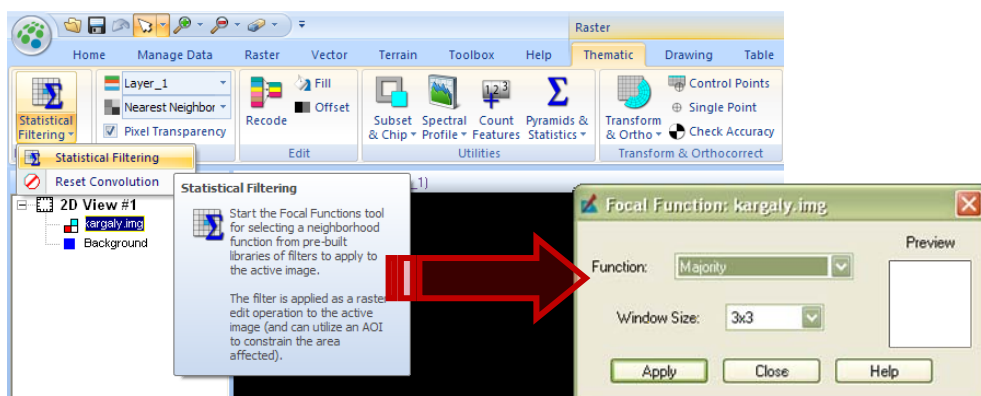
Para terminar con las opciones más básicas de filtrajes vamos a aplicar un filtro modal sobre una imagen temática. La imagen que vamos a utilizar es el resultado de una clasificación digital realizada en Kargaly, una zona de Rusia.

Primero abrimos *kargaly.img* para visualizarla:

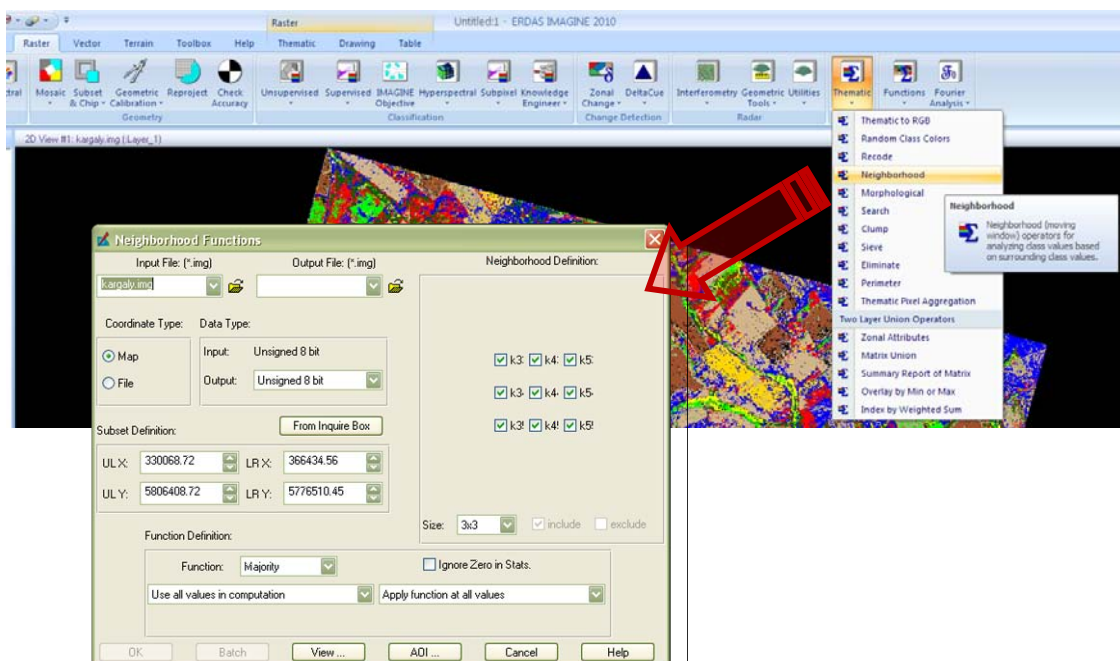


Se trata de una zona no muy amplia, de dedicación mayoritariamente agrícola, con parcelas de gran tamaño que no aparecen clasificadas de forma homogénea. Aunque resolver este problema requeriría otros procedimientos, de momento vamos a intentar presentar un resultado más razonable mediante la aplicación del filtro modal.

Podemos trabajar de forma sencilla desde la pestaña **Raster – Thematic – Statistical Filtering** :



O elegir la herramienta **Neighborhood** desde el menú **Thematic** de la pestaña **Raster**:



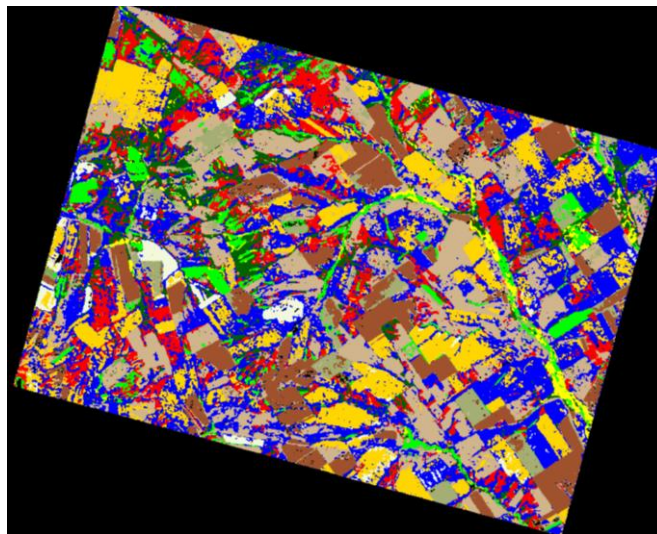
Esta última opción ofrece más posibilidades, por lo que vamos a elegirla (la otra opción realiza los cambios directamente sobre la imagen cargada).

Seleccionamos como entrada *kargaly.img* y como archivo de salida tecleamos *kargaly\_filturada.img*.



Para realizar un filtrado de las islas mal clasificadas que han quedado dentro de las parcelas vamos a aumentar el tamaño de lo que consideramos vecindad a 5x5, para incluir áreas de cierto tamaño, y a elegir como función a aplicar **Majority** que seleccionará como valor de cada píxel el que presente la mayoría de sus vecinos, es decir, la moda.

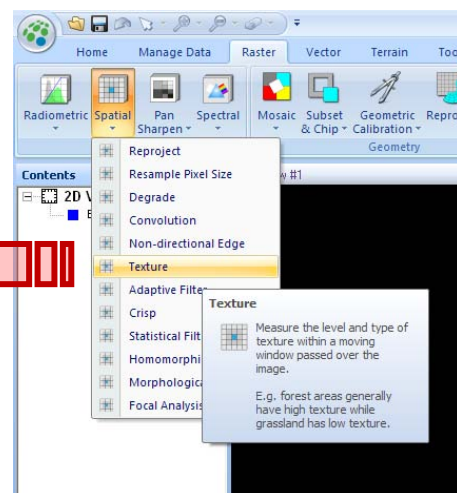
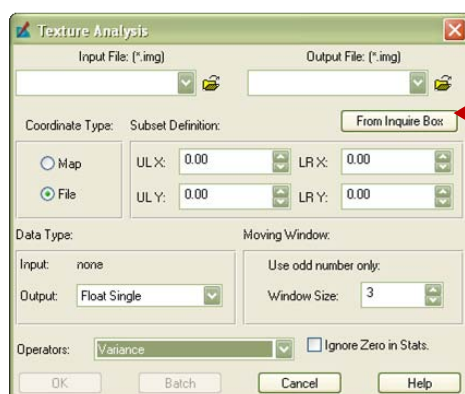
Aceptamos y visualizamos el resultado de nuevo sobre la imagen original para ver las diferencias (aunque son obvias a simple vista) y cómo ha trabajado el filtro. Aunque el resultado está transformando los datos de la clasificación que habíamos realizado, ofrece en realidad un resultado mucho más coherente en el que las zonas son más homogéneas:



## Textura

La textura se calcula a través de una ventana móvil que se desplaza por toda la imagen, al igual que ocurre con los filtros, pero lo que vamos a hacer en este caso no es modificar los valores de los ND sino obtener una nueva variable que refleja la variación espacial de la imagen.

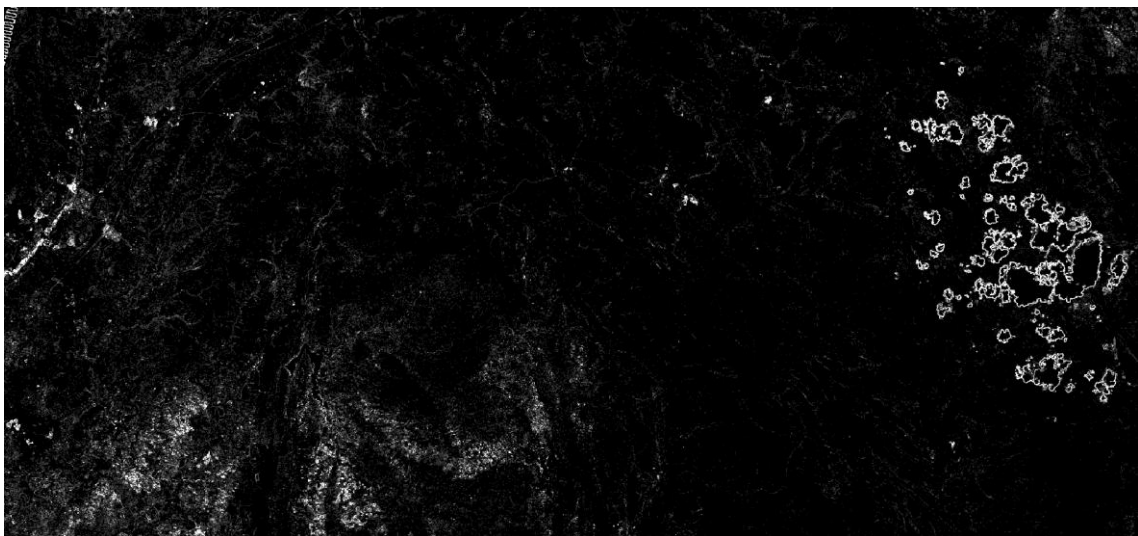
Accedemos a la herramienta desde la pestaña **Raster – Spatial – Texture:**



Vamos a medir la varianza sobre una ventana de 3x3. Sólo hay que cargar la imagen *lansat5\_curso.img*, adjudicarle como nombre de salida *textura.img*, dentro de la carpeta de resultados y seleccionar el tamaño de la ventana, que vamos a dejar en 3x3.

Observamos que aunque la imagen de entrada es de 8 bits nos va a generar una imagen de salida de coma flotante, ya que los valores del resultado son el de el estadístico de la varianza para cada píxel.

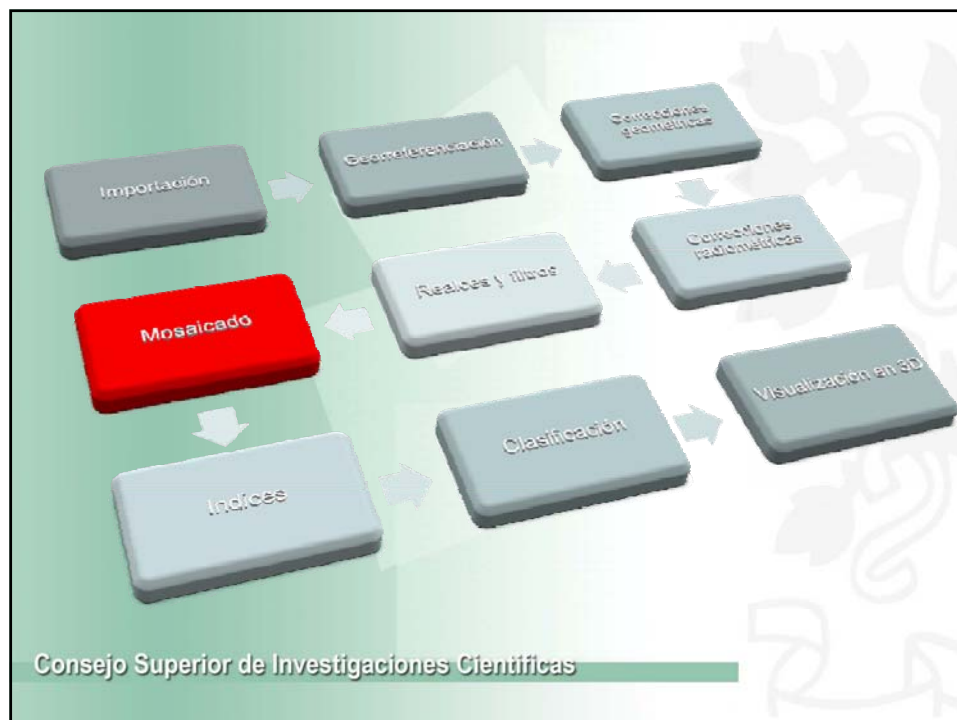
Aceptamos y una vez terminado el proceso abrimos la imagen resultante en un visor, preferiblemente en escala de grises para visualizar banda a banda la imagen, de forma que resulte más sencilla su interpretación:



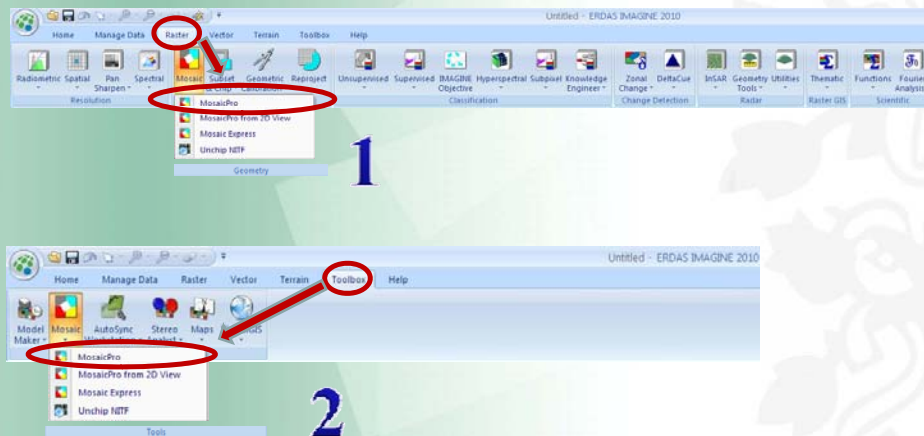
Navegando por la imagen podemos observar cómo aparecen especialmente resaltados los contornos de los objetos visibles como son campos de cultivo, bloques de casas o carreteras, ya que el valor de varianza es más alto que en las zonas más homogéneas. Lo más significativo es el contorno de las nubes presentes en la zona este, en las bandas del visible, ya que son muy homogéneas internamente, pero muy distintas de su entorno.



## *Elaboración de Mosaicos*



## OPCIONES DE MOSAICADO EN ERDAS IMAGINE

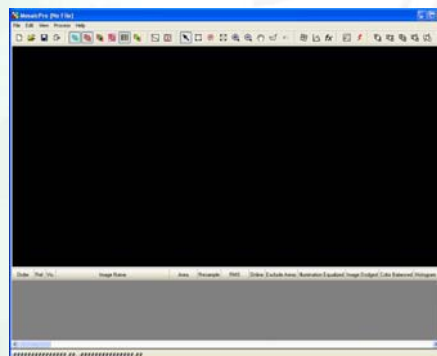


Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## MosaicPro

Las imágenes de entrada deben estar georreferenciadas y contener el mismo número de capas. Las imágenes no tienen por qué estar en la misma proyección o tener el mismo tamaño de celda. También trabaja con imágenes calibradas. La extensión de un proyecto en MosaicPro es .mop.

Permite utilizar el límite de un polígono definido para realizar la unión.



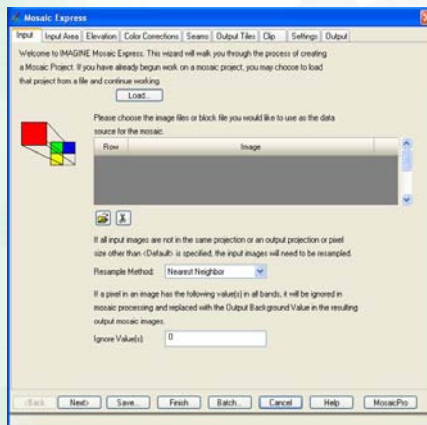
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## MosaicExpress

Se trata de una herramienta guiada con nueve diferentes pasos.

Estos se pueden seguir fácilmente de modo sucesivo.

Cuenta con apoyo textual y gráfico para guiar la ejecución de cada etapa.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## ASPECTOS A TENER EN CUENTA

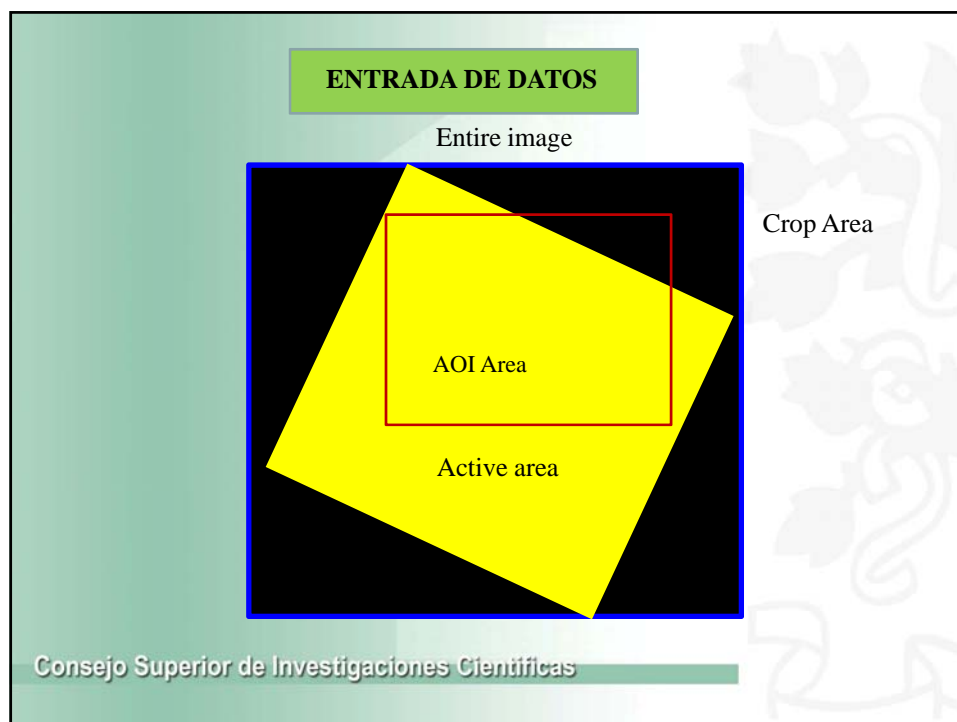
ENTRADA DE DATOS

ZONA DE SOLAPE

CORRECCIONES DEL COLOR

SALIDA DE DATOS

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



**ENTRADA DE DATOS**

**TIPOS DE ARCHIVOS**

|  |  |
|--|--|
| ADRG Image (*.img)<br>ADRG Legend<br>ADRG Overview (*.ovr)<br>ALOS AVNIR-2 JAVA CEOS (VOL-ALAV2*)<br>ALOS PRISM JAVA CEOS (VOL-ALPSPM*)<br>ALOS PRISM JAVA CEOS IMG (IMG-ALPSPM*)<br>ALOS Palsar ERSDAC CEOS (PASL*.led)<br>ALOS Palsar ERSDAC VEXCEL (PASL*.SLC)<br>ALOS Palsar JAVA CEOS (LED*:[15][G_]U_[AD])<br>ASRP or USRP Image (*.img)<br>AVIRIS (*.c.img)<br>Alaska SAR Facility (*.L)<br>Algorithm (*.alg)<br>All File-based Raster Formats<br>Arc/Info & Space Imaging BIL (*.bil)<br>Arc/Info & Space Imaging BIP (*.bip)<br>Arc/Info & Space Imaging BSQ (*.bsq)<br>BMP (*.bmp)<br>COSMO-SkyMed (CSKS*.h5)<br>DTED<br>ECRG TOC (*.xml)<br>ENVI (*.hdf)<br>ENVISAT (*.N1*)<br>ER Mapper (*.ers)<br>ERDAS 7.5 GIS (*.gis)<br>ERDAS 7.5 LAN (*.lan)<br>EROS-AT Level 1A (*.1a)<br>Enhanced Compressed Wavelet (*.ecw)<br>FIT (*.fit)<br>FORMOSAT DIMAP (*.dim)<br>GIF (*.gif)<br>GRID<br>GRID Stack (*.stk)<br>GRID Stack 7.x<br>Generic Binary<br>HDF<br>HYDICE (*.cub) | IMAGINE Image (*.img)<br>Image Catalog (*.tbl)<br>Image List (*.fls)<br>Image Web Server - ECWP (*.url)<br>Intergraph CITT Group 4 (*.cit)<br>Intergraph CITT (*.cot)<br>JPF<br>JPEG 2000<br>LPS Block File (*.blk)<br>MrSID (*.sid)<br>NITF 1.1<br>NITF 2.x<br>NSIF<br>ORACLE GeoRaster (*.ogr)<br>PCIDSK (*.pdx)<br>PNG (*.png)<br>RADARSAT-2 (product*.xml)<br>RAW (*.raw)<br>RPF Frame<br>RPF Overview<br>RPF Product<br>RPF TOC (*.toc)<br>SDE Raster (*.sdl)<br>SPOT DIMAP (*.dim)<br>Sub-Image (*.sbi)<br>Surfer Grid (*.grd)<br>TARGA (*.tga)<br>Transverse DIMAP (*.dm)<br><b>TIFF</b><br>Universal ARX (TSX1*.xml)<br>Unrestricted Access Image (*.uai)<br>VITec (*.vit)<br>Virtual Mosaic (*.vmc)<br>Virtual Stack (*.vsk)<br>Web Coverage Service (*.wcs)<br>Web Mapping Service (*.wms) |
|--|--|

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## ZONA DE SOLAPE

### Weighted Seam Line Generation.

Basada en la función de coste más baja.

### Most Nadir Seamline.

Basada en la distancia de los píxeles de la zona de solape al pixel central de cada imagen.

### Geometry-based Seamline

Tiene en cuenta la forma de la zona de solape. En un mosaico con dos imágenes la zona de solape se dividiría en dos polígonos iguales.

### Overlay-based Seamline

Trabaja sólo sobre la zona activa de cada imagen. La imagen que está por encima provee los píxeles en la zona de solape.

Además podremos aplicar el efecto [Smoothing](#) y/o [Feathering](#).

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## CORRECCIONES DEL COLOR

### Exclude Areas.

Permite señalar áreas dentro de una imagen cuyos valores representativos se quieren excluir del proceso de corrección del color.

### Illumination Equalizing.

Homogeniza las grandes variaciones de iluminación o color.

### Image Dodging.

Realiza un tratamiento estadístico para la corrección de los desequilibrios en la intensidad de luz de la imagen mosaicada.

### Color Balancing.

Reduce las diferencias de color existentes entre las imágenes que integran el mosaico.

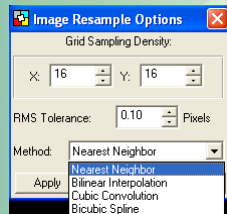
### Histogram Matching.

Lleva a cabo una homogeneización de los histogramas de las imágenes para que sean similares. Presupone que todas las diferencias de color y brillo en las imágenes se debe a los efectos atmosféricos y de iluminación.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

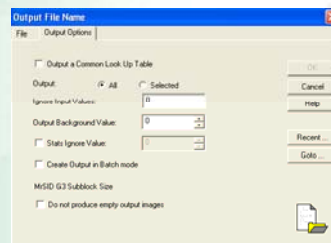


## SALIDA DE DATOS



Remuestreo de datos

Configuración adicional  
de la imagen de salida

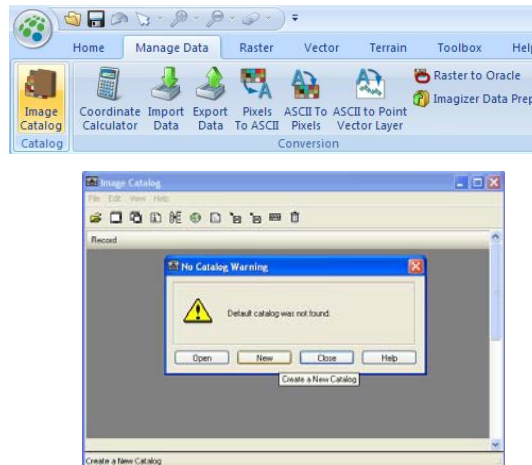



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Práctica 6: Elaboración de mosaicos.

### Práctica 6.1

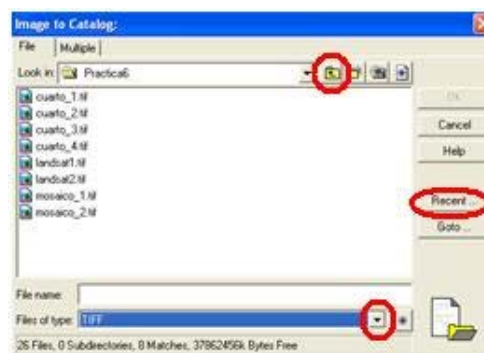
- Desde el panel principal de **ERDAS IMAGINE 2010** en la tabla **Manage Data** y en dentro del grupo **Catalog** selecciona la herramienta **Image Catalog**.



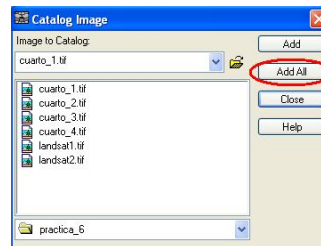
- Al no tener un archivo de catálogo ya creado deberemos generar uno nuevo. Lo guardaremos en la carpeta “Practica6” y le daremos un nombre identificativo (por ejemplo “Landsat”).
- Utiliza la herramienta **Add image to the Catalog**  para abrir la ventana del catálogo de imágenes.



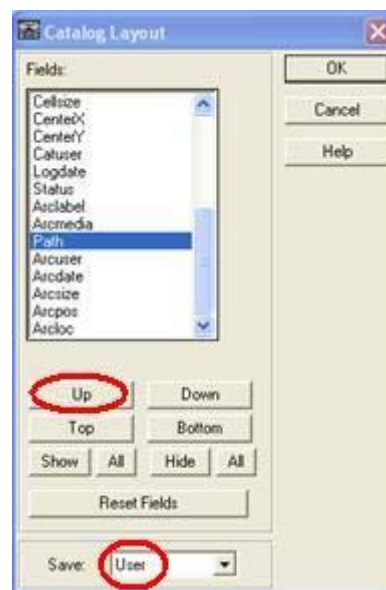
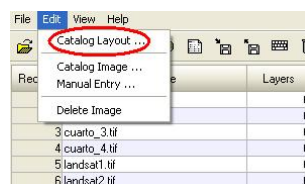
- Navega hasta la carpeta “Práctica6” y selecciona una de las imágenes TIFF, pulsa **OK**.



- En la ventana del catálogo de imágenes pulsa **Add All** y cierra el cuadro de diálogo.




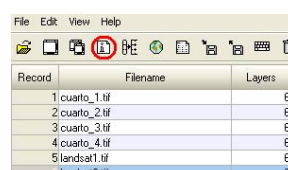
- Desde el menú despliega **Edit** y consulta el **Catalog Layout**. Busca la columna **Path**. Cuando esta columna esté marcada utiliza el botón **UP** para situarlo justo encima de la columna **Projection**.




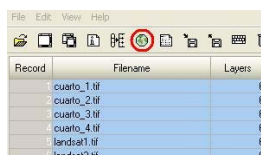
- Salva el cambio efectuado, pero asegúrate que en el menú correspondiente consta la opción "User". Entonces pulsa **OK**. Puedes alargar la columna para ver el contenido del **Path** completo.

**NOTA:**

Para acceder a una información más detallada sólo tienes que seleccionar el registro de una imagen determinada y usar el icono **Image Info** .

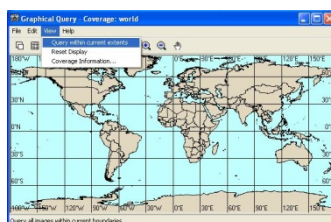


8. Para localizar nuestras imágenes en un contexto geográfico global podemos utilizar la función **Visual Query Graphical Viewer** .



| Record       | Filename | Layers |
|--------------|----------|--------|
| cuanto_1.tif |          | 6      |
| cuanto_2.tif |          | 6      |
| cuanto_3.tif |          | 6      |
| cuanto_4.tif |          | 6      |
| landsat1.tif |          | 6      |
| landsat2.tif |          | 6      |

Pincha **ViewQuery within current extents** para incorporar al visualizador todas las imágenes de nuestro catálogo podemos utilizar.

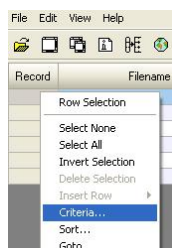


**Query All Images within Current Boundaries** .



Con las herramientas de zoom aproxímate al área de trabajo.

9. Situándonos sobre la tabla con el listado de imágenes que integran nuestro catálogo podríamos definir criterios de búsqueda. Para ello bastaría con situarnos sobre uno de los registros y con el botón derecho del ratón seleccionaríamos **Criteria**.



Por ejemplo, podríamos seleccionar la imagen que contiene en su nombre el carácter "1". La expresión que deberíamos construir sería de la forma:  $1$

10. Cierra el **Image Catalog Tool**.

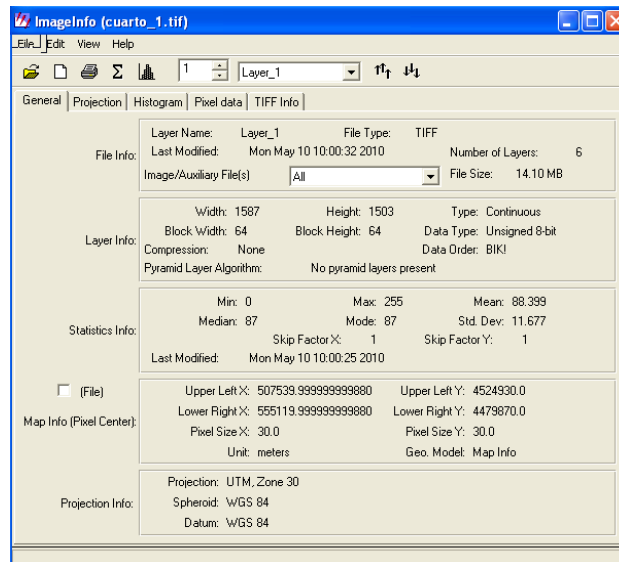
## Práctica 6.2

1. En el módulo principal de **ERDAS IMAGINE 2010** despliega la tabla **Home**, en el grupo **Information** y selecciona **Layer Info**.

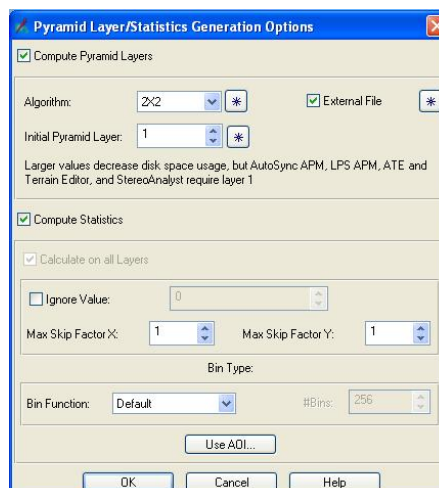


Se abrirá una ventana de diálogo.

2. En el menú principal de esa imagen seleccionamos **File/Open**, elegimos abrir imágenes tipo TIFF y abrimos la imagen llamada “cuarto\_1”.

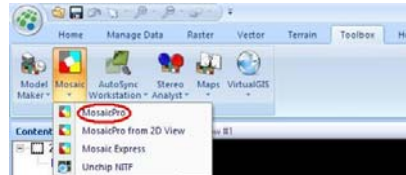


3. En la misma ventana **ImageInfo** generamos las capas de pirámides (**Edit/Compute Pyramid Layers**). Señalar **Compute Pyramid Layers** y el resto de parámetros los vamos a dejar tal y como los consigna ERDAS.

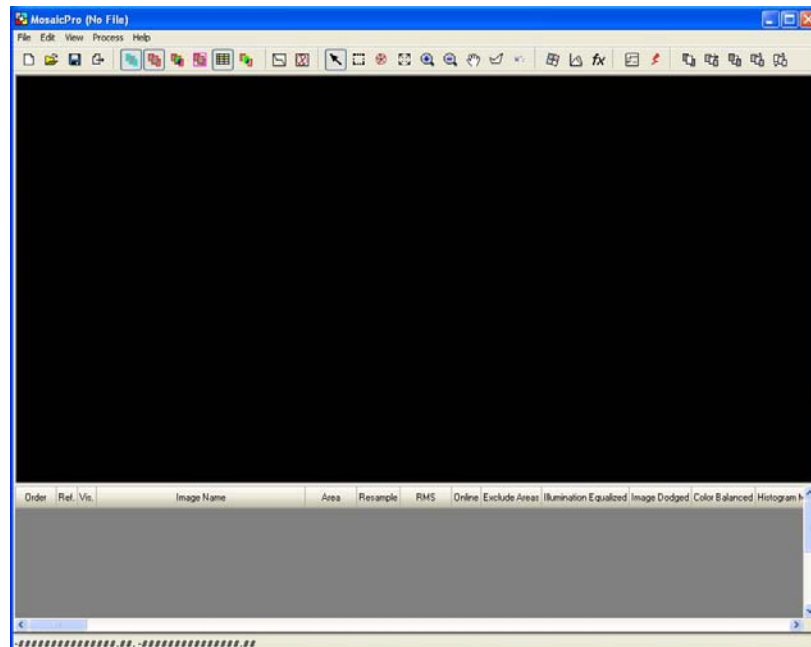




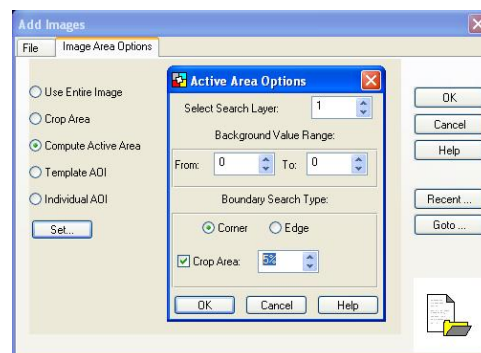
4. Repite los pasos 2 y 3 para la imagen “cuarto\_2”.
5. Abre un **Viewer** y carga las dos imágenes: “cuarto\_1” y “cuarto\_2”.
6. Utiliza la función **Swipe** para analizar la zona de solape entre ambas imágenes.
7. Cierra el **Viewer** y desde el módulo principal de **ERDAS IMAGINE 2010** selecciona la tabla **Raster/grupo Mosaic/ Mosaic Pro**.




8. Accedemos a la interfaz gráfica para la generación de mosaicos en ERDAS.




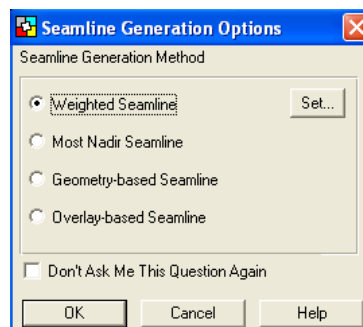
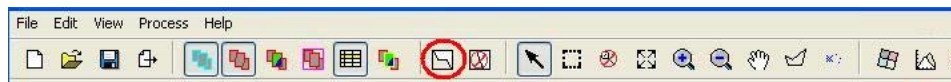
9. Desde el menú **Edit** accedemos a la herramienta para cargar las imágenes que queremos “mosaicar” (**Add Images**). Seleccionamos la imagen “cuarto\_1” y pasamos a la pestaña **Images Options**.






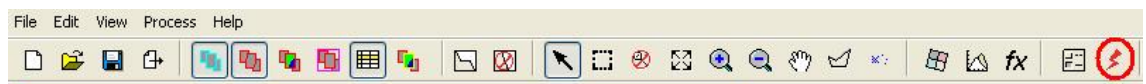
10. Elegimos la opción **Compute Active Area** y pulsamos el botón **Set** modificando el **Crop Area** hasta el 5%. Esto es útil cuando los bordes de nuestras imágenes pueden incluir información defectuosa. No es el caso, pero aún así, vamos a seleccionarlo.
11. Repite la última parte para cargar la segunda imagen cuarto\_2"
12. Despliega el **Color Corrections Options** , elige **Use Histogram Matching** y pulsa **Ok**.



13. A continuación definiremos el tipo de líneas de corte por medio de **Automatically Generate Cutlines for Intersection** .



14. Marcamos **Weighted Seamline** y pulsamos **Ok**.
15. Observa las opciones que ofrecen las herramientas **Image Resample Options**  y **Set Overlap Function** , pero de momento deja las opciones que te da por defecto.
16. Para finalizar el proceso pulsa **Run the Mosaic Process to Disk** .

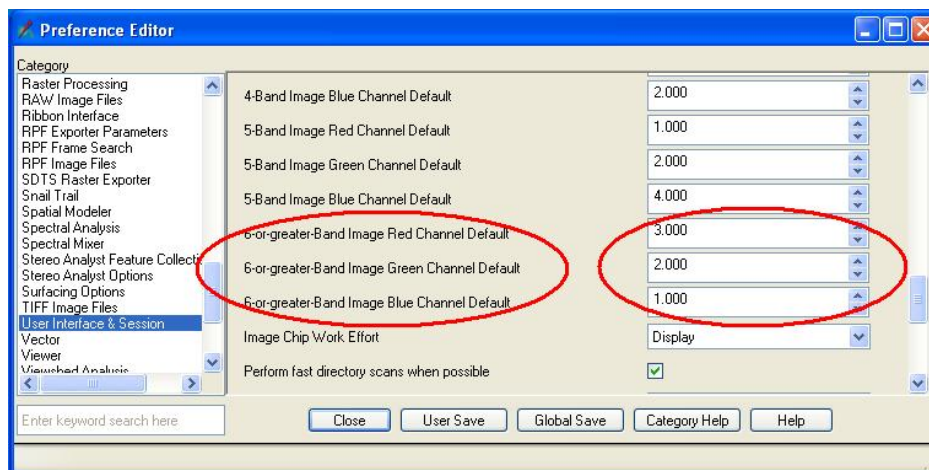
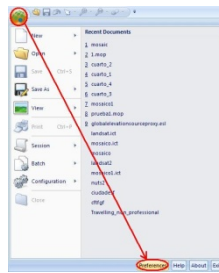


o accede a la misma opción desde el menú **Procces**.

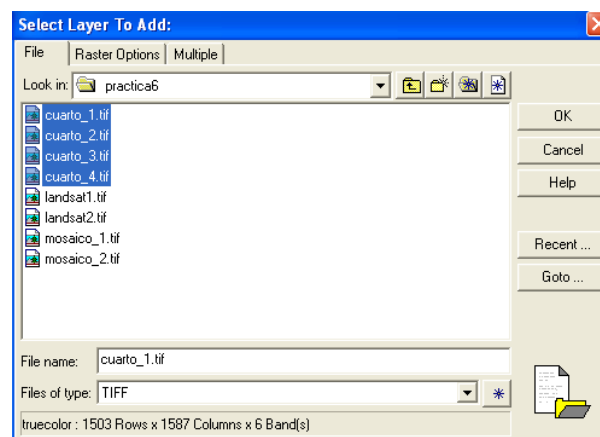
17. Da un nombre al archivo de salida y guárdalo en la carpeta "Práctica6". En la pestaña **Output Options** marca la opción **Stats Ignore Value** y deja el valor 0. Pulsa **Ok**.
18. Abre una ventana **Viewer** y visualiza el resultado prestando atención a la zona de solape. Puedes compararlo, si quieres, con las dos imágenes de partida.
19. Cierra el **Viewer**.

## Práctica 6.3

1. Abre el editor de preferencias seleccionando **Session/Preference**.

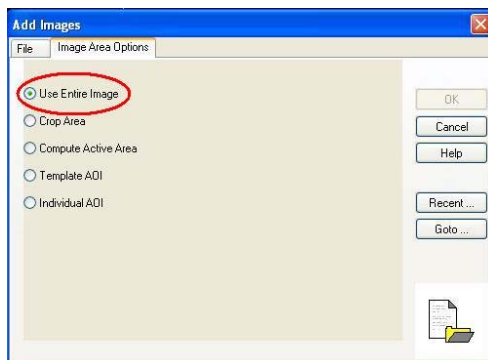



2. En el **User Interface & Session** localiza las preferencias relativas a **6-or-greater Band Image**. Elige una combinación de bandas 3, 2 y 1 para los canales del rojo, verde y azul, respectivamente. Después, pulsa **User Save** y **Close**.
3. Despliega el **Viewer** y abre los archivos “cuarto\_1.tif”, “cuarto\_2.tif”, “cuarto\_3.tif” y “cuarto\_4.tif”.

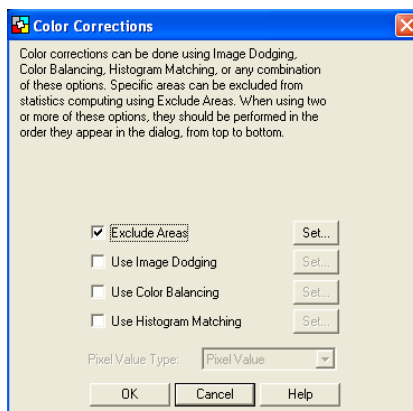


4. Cierra el **Viewer** y desde el módulo principal de **ERDAS IMAGINE 2010** selecciona la tabla **Raster/grupo Mosaic/ Mosaic Pro**.

- Añade los cuatro cuartos Landsat a tu espacio de trabajo con **Add Images**, en la pestaña **Image Area Options** selecciona **Use Entire Image**.



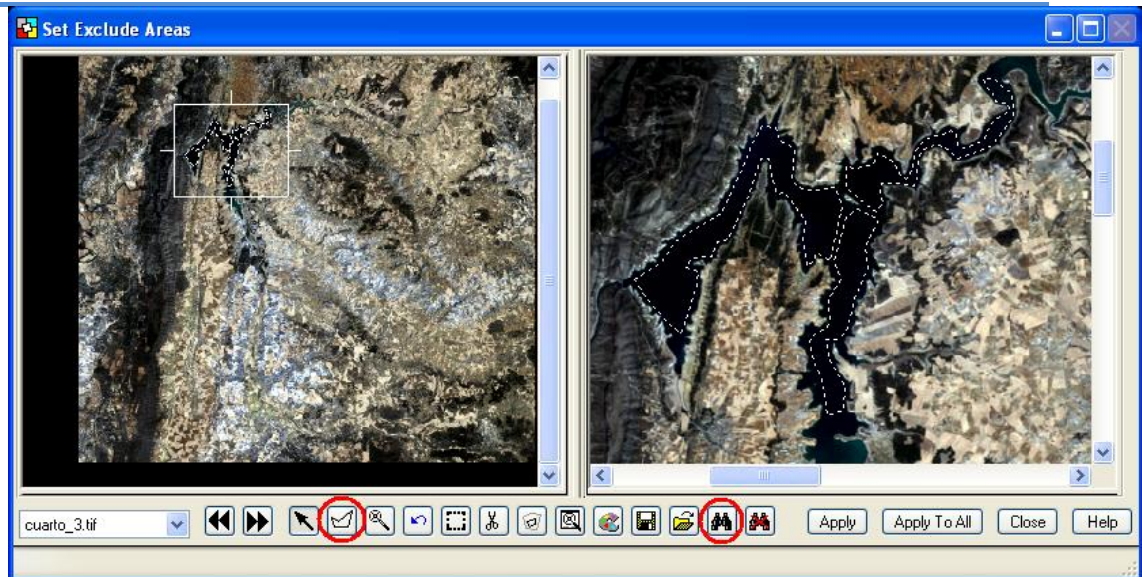
- Ahora vamos a aplicar las correcciones de color para conseguir una mayor homogeneidad en el archivo de salida. Selecciona el icono **Color Correction Options** .
- Activa la opción **Exclude Areas**.





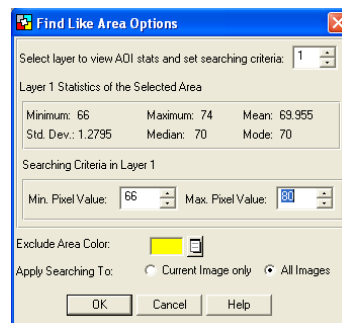
- Pulsa el botón **Set**.

**NOTA:** Cuando se decide mosaicar una imagen puede resultar conveniente eliminar del proceso aquellos pixeles que pueden presentar valores extremos (como cuerpos de agua o nubes). Esta opción te permite marcar este tipo de cubiertas para que no se tengan en cuenta durante el Color Balancing, Image Dodging o el Histogram Matching.

- En la ventana que se abre tenemos dos espacios de visualización, uno de la imagen general y otro de detalle, y una serie de iconos para la selección de las áreas a excluir. Localizaremos áreas correspondientes a los cuerpos de agua que presentan color negro (visibles, por ejemplo en la imagen "cuarto\_3").

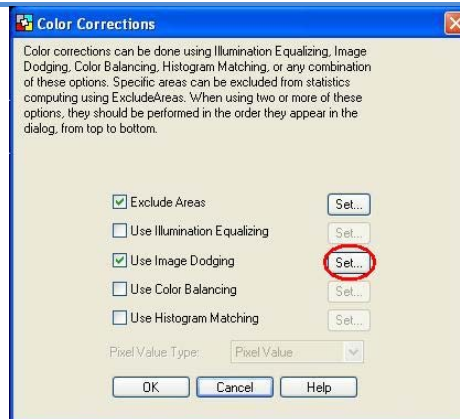


10. Con la herramienta **Create Polygon AOI**  trazaremos un polígono en el área de interés y con él seleccionado utilizaremos la opción **Exclude Areas that are spectrally similar** . Marcamos un valor máximo de pixel de 80 y nos aseguramos de que esté activa la opción de búsqueda aplicada a todas la imágenes. Podemos repetir este proceso para incluir más píxeles de agua o de otras cubiertas que aparezcan con color blanco.

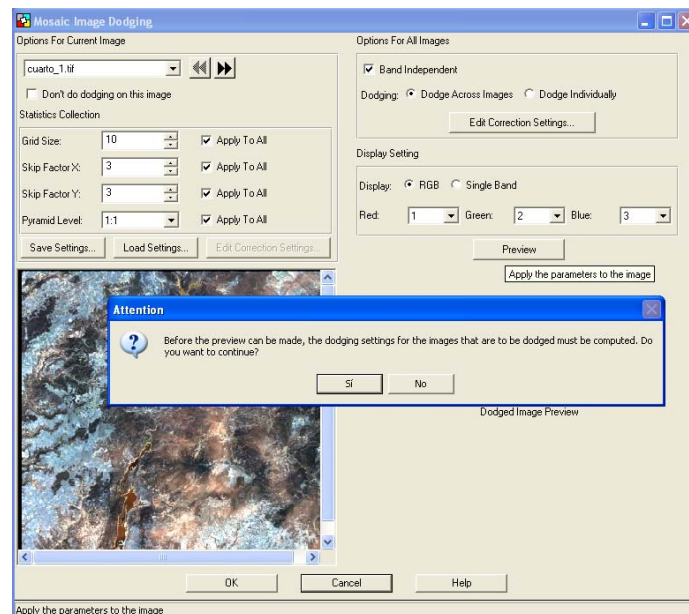



11. Después de seleccionar las áreas sólo queda pulsar **Apply to All** y cerramos la ventana **Exclude Areas**.
12. A continuación marcamos la opción **Use Image Dodging** y pulsamos sobre el botón **Set**.

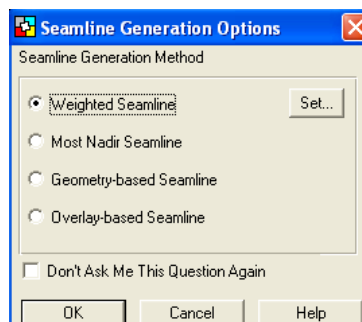




13. En la ventana del **Image Dodging** deja los parámetros por defecto y pulsa **Preview** aceptando el procesamiento de los parámetros para todas las imágenes.



14. Pulsa **Ok** sobre el panel de correcciones del color.
15. A continuación definiremos el tipo de líneas de corte por medio de **Automatically Generate Cutlines for Intersection** .

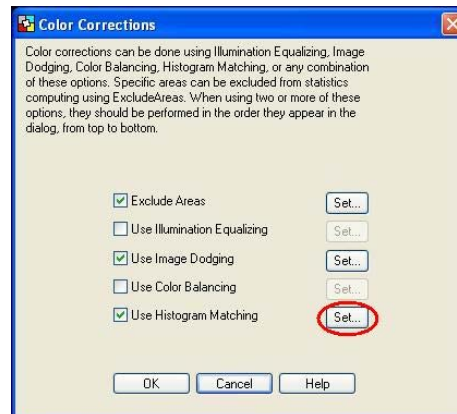


16. Marcamos **Weighted Seamline** y pulsamos **Ok**.

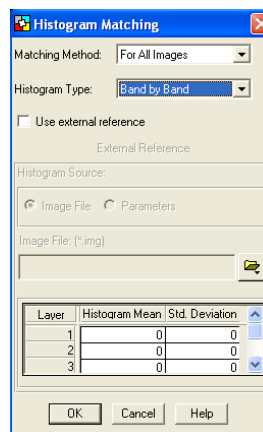
17. Guarda la configuración del mosaico en la carpeta “Practica6” con el nombre “corrección\_dodging.mop”.
18. Ejecuta el mosaico a través de **Process/Run Mosaic**.
19. Da un nombre de salida y almacénalo en la carpeta “Practica6”. En la pestaña **Output Options** activa la opción **Stats Ignore Value 0**.
20. Abre el **Viewer** y observa el resultado. Compara el resultado con el obtenido en la práctica anterior, presta atención a la zona de solape entre imágenes.

## Práctica 6.4

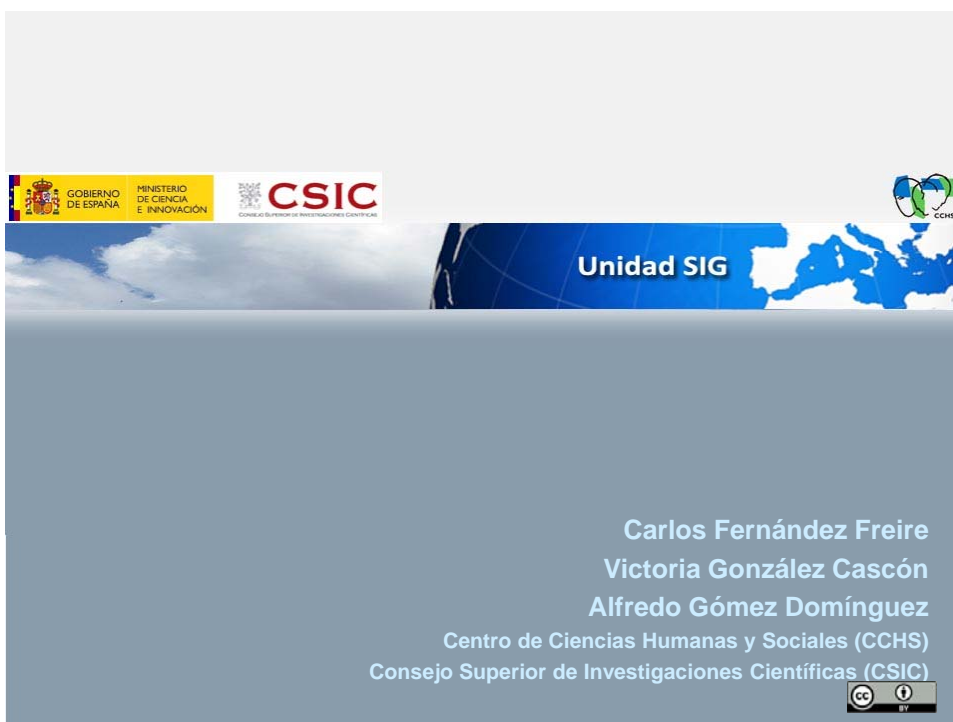
1. Vuelve al módulo **Mosaic Pro** y abre si es necesario el archivo .mop que generaste antes.
2. Abre la paleta de opciones de correcciones del color, activa el **Use Histogram Matching**.



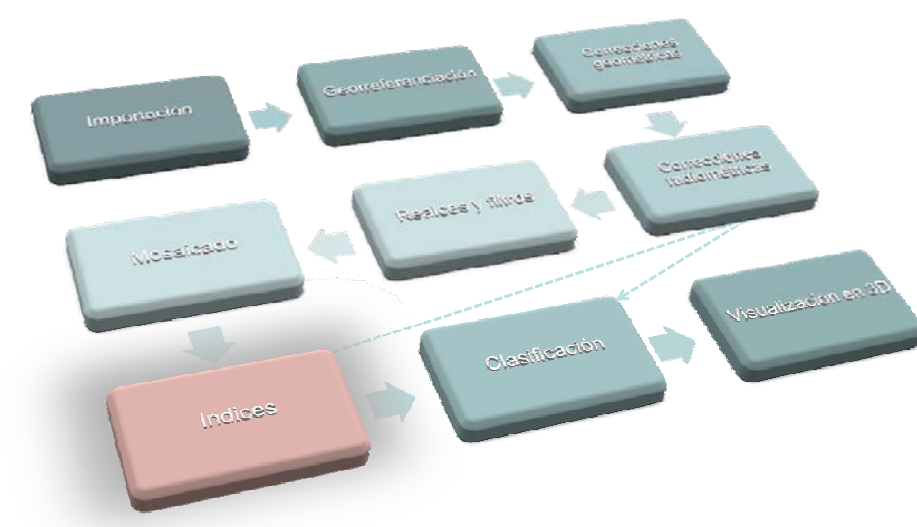
3. Pulsa el botón **Set**.



4. Asegúrate que la opción en el **Matching Method** es **For all Images**. Pulsa **Ok**.
5. Acepta las correcciones de color definidas y ejecuta el mosaico. Puedes llamar al archivo de salida "mosaico\_dodging\_matching.img" y selecciona **Stats Ignore Value 0**.
6. Compara el mosaico generado con el anterior.



## Índices



## Obtención de información de la imagen

### TRANSFORMACIONES:

Se trata de generar nuevas bandas que mejoren la interpretación de la imagen.

Combinaciones entre bandas que intentan enfatizar alguna variable de interés: vegetación, agua, mineral...

Su diseño se apoya en el comportamiento radiativo de esa variable: maximizar su separación del resto.

Obtención de información a través del trabajo con las bandas de la imagen

- Combinaciones entre bandas
  - Índices de vegetación: NDVI
  - Tasseled Cap
  - Componentes Principales

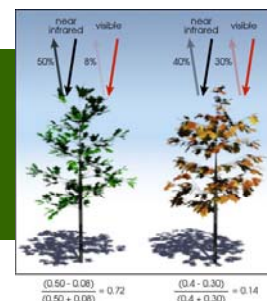
Ventajas de los Índices de Vegetación:

- Realzan la contribución de la vegetación en la respuesta espectral de las superficies.
- Atenúan otros factores: suelo, atmósfera, iluminación, topografía.

## Índices de vegetación

- La abundancia de vegetación afecta la respuesta espectral en un píxel.
- Los índices de vegetación nos permiten estimar la abundancia de vegetación utilizando datos espectrales.

La vegetación aparece muy diferente en el visible y en el infrarrojo cercano. Comparando ambos se puede medir la masa vegetal y su vigor.



La vegetación saludable absorbe la mayor parte del espectro visible y refleja una gran parte del infrarrojo cercano.

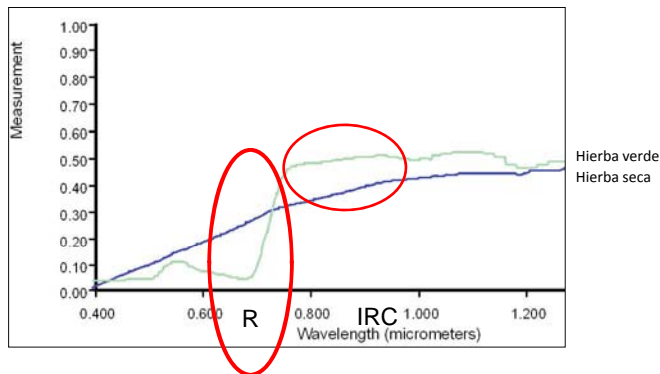
[visibleearth.nasa.gov](http://visibleearth.nasa.gov)



## Índices

### Índices de vegetación

Se basan en la respuesta de la vegetación en el rojo y el infrarrojo próximo: a mayor contraste, mayor vigor de la vegetación



#### USOS

- Discriminación masas vegetales
- Seguimiento cambio global
- Previsión riesgo incendios

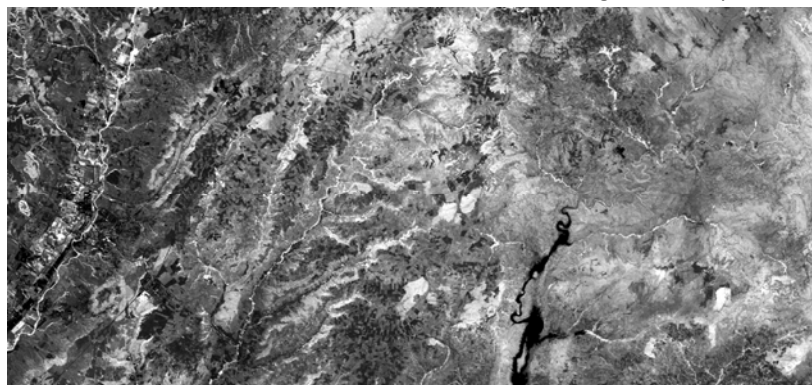
## Índices

### NDVI: Índice Normalizado de Vegetación

El índice NDVI es un indicativo sensible de la presencia y condición de la vegetación. Permite realizar la identificación y el seguimiento de las áreas afectadas por la sequía.

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

$\rightarrow$   $[-1, +1]$   $\rightarrow$   $0 = \text{sin vegetación}$   
 Oscila entre  $> 0'1 = \text{vegetación}$   
 $> 0'5 = \text{vegetación muy densa}$



## Usos del NDVI

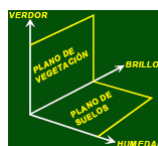
- Contenido de clorofila en la hoja
- Índice de área foliar: LAI
- Contenido de agua de la hoja
- Flujo neto de CO<sub>2</sub>
- Radiación fotosintéticamente activa absorbida por la planta
- Productividad neta de la vegetación
- Cantidad de lluvia recibida por la vegetación
- Dinámica fenológica
- Evapotranspiración potencial

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Tasseled Cap

Creación de componentes de significado físico preciso.  
Creación de nuevas bandas por combinación lineal de las originales.  
Ponderación de las bandas de los sensores Landsat MSS y TM.  
También se ha definido para otros sensores como el AVHRR o IKONOS.



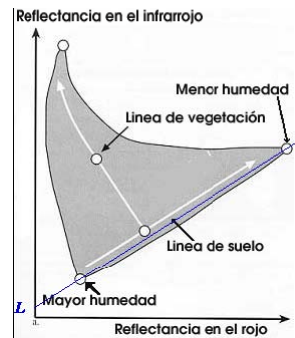
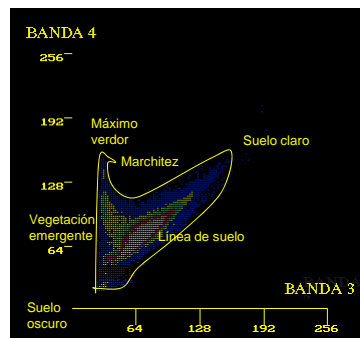
**Brillo:** cambios en la reflectividad total de las bandas, excluyendo la térmica.

**Verdor:** contraste entre las visibles y el infrarrojo próximo.

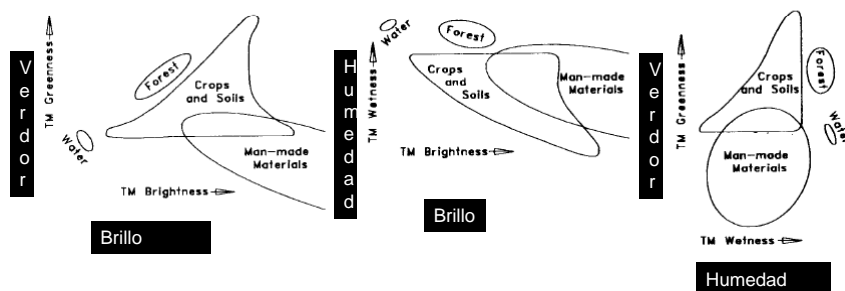
**Humedad:** contenido de agua en la vegetación y el suelo, contraste entre el infrarrojo medio y el resto de bandas.

## Tasseled Cap

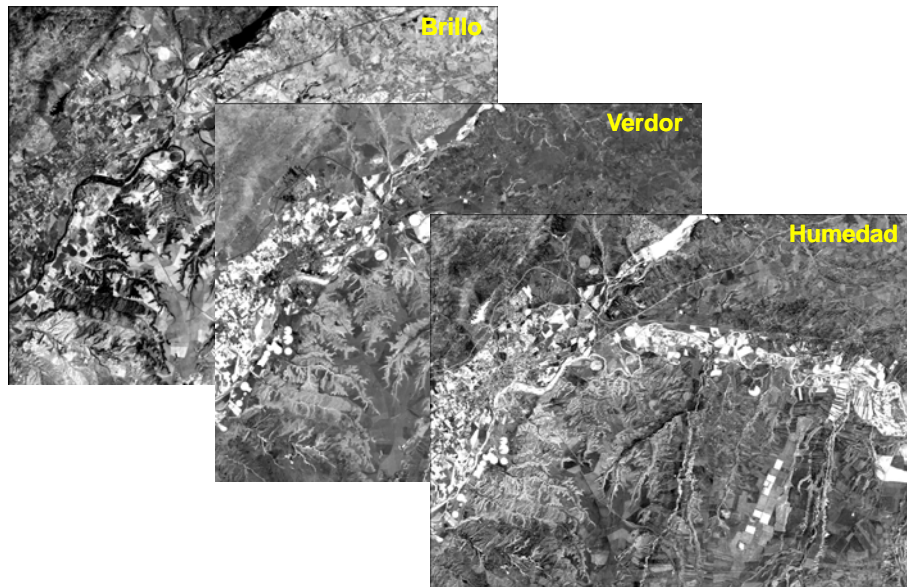
### Plano de variación de la vegetación



## Tasseled Cap



## Tasseled Cap



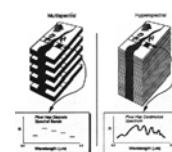
## Componentes Principales

### Técnica de síntesis estadística

**Objetivo:** transformar un conjunto de variables en otro conjunto menor (Componentes Principales) que retiene la máxima información del conjunto original.

Cuándo utilizarlos:

- Para estudiar muchas variables
- Cuando las variables presenten una alta correlación
- Permite comprimir información multibanda (sensores hiper-espectrales, más de 100 bandas)



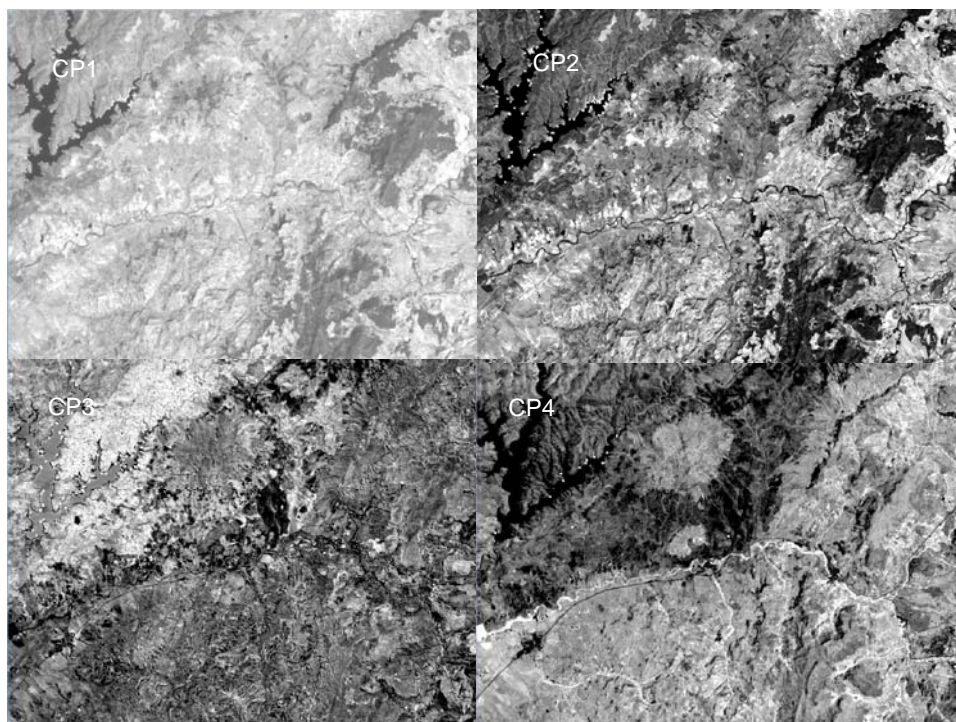
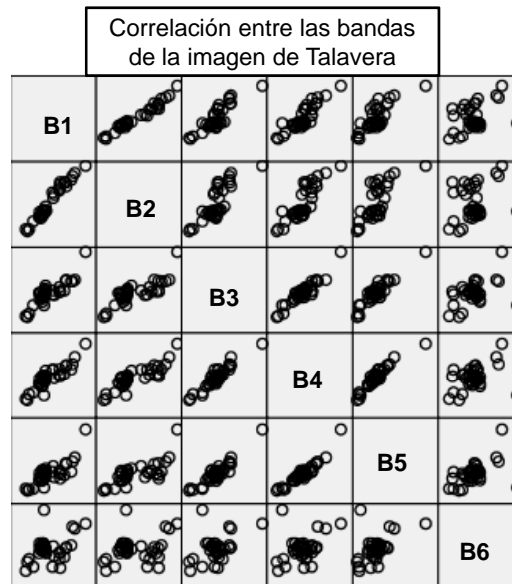
Agustín Lanero Pardo

## Componentes Principales

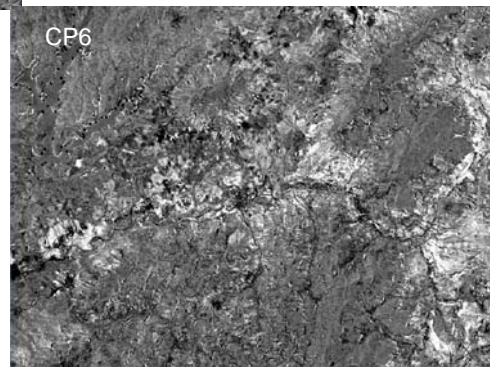
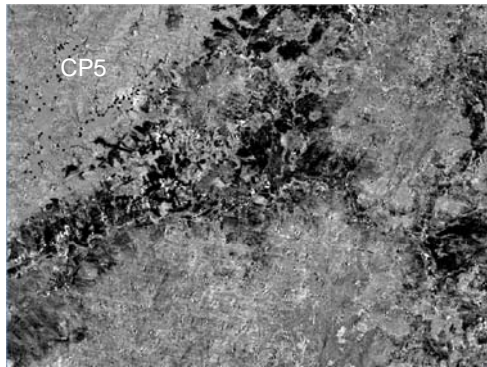
Es una técnica de **reducción de datos**.

Sirve para analizar un conjunto de variables correlacionadas entre sí – las variables son las bandas de la imagen.

A partir de las variables originales, se obtienen unas nuevas (denominadas *componentes principales*) que recogen la variabilidad de forma más estructurada.







## Componentes Principales

---

La varianza explicada por cada componente va en orden decreciente desde el primero hasta el último: el CP1 es el que más porcentaje de varianza explica, seguido del CP2 y así hasta el último.

Muy correlacionados con las variables originales y muy poco correlacionados entre sí (no tienen información compartida)

### Utilidades:

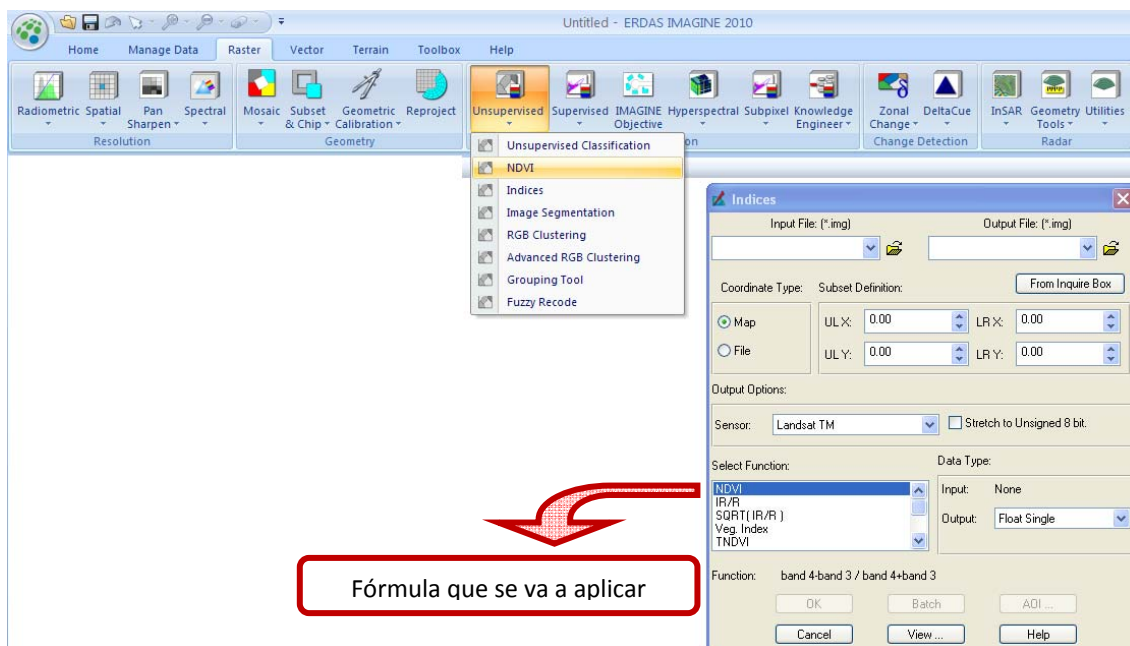
- Visualizar en un número reducido de bandas las características de una imagen con muchas bandas
- Detección de anomalías en los últimos componentes
- Estudios multitemporales: identificar cambios

## Práctica 7: Combinaciones lineales entre bandas

Para comenzar la práctica abrimos la imagen de la carpeta practica\_7 en Erdas la imagen se llama *lansat\_nw\_6bandas\_reflectance.img*.

### Índice Normalizado de Vegetación

La generación de los índices más habituales está predefinida desde la pestaña **Raster – grupo Classification - Unsupervised – NDVI**:



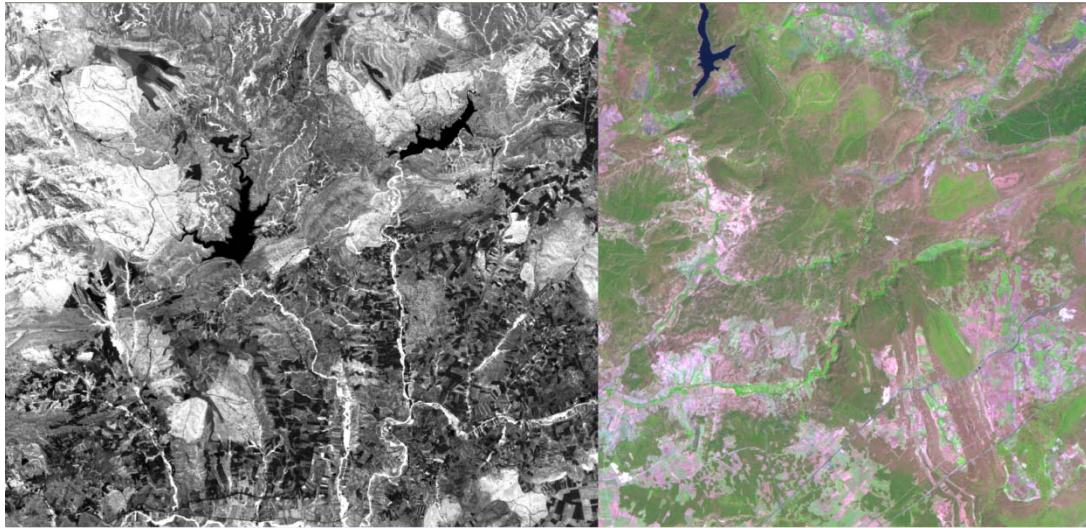
Desde este cuadro de diálogo podemos aplicar los índices más habituales a nuestra imagen, ya predefinidos para los sensores más comúnmente utilizados.


Los únicos parámetros que debemos establecer son la imagen de entrada, *lansat\_nw\_6bandas\_reflectance.img*, la de salida, que crearemos en la carpeta de resultados con el nombre de *ndvi.img* y el índice a generar.

Aunque los índices se pueden crear directamente sobre las imágenes con los Niveles Digitales, vamos a generar el NDVI sobre la imagen de reflectividad aparente, porque de esta forma podemos atribuir un significado preciso al resultado. Los valores de NDVI generados sobre los ND originales tienen a subestimar la presencia de vegetación.

Cuando elegimos la imagen de entrada el programa detecta automáticamente que se trata de un sensor Landsat TM y nos propone por lo tanto la fórmula con las bandas correspondientes. Seleccionamos **Landsat TM** y **NDVI** en función.

Aceptamos y visualizamos el resultado en un visor sobre la imagen original con la combinación de bandas que prefiramos:

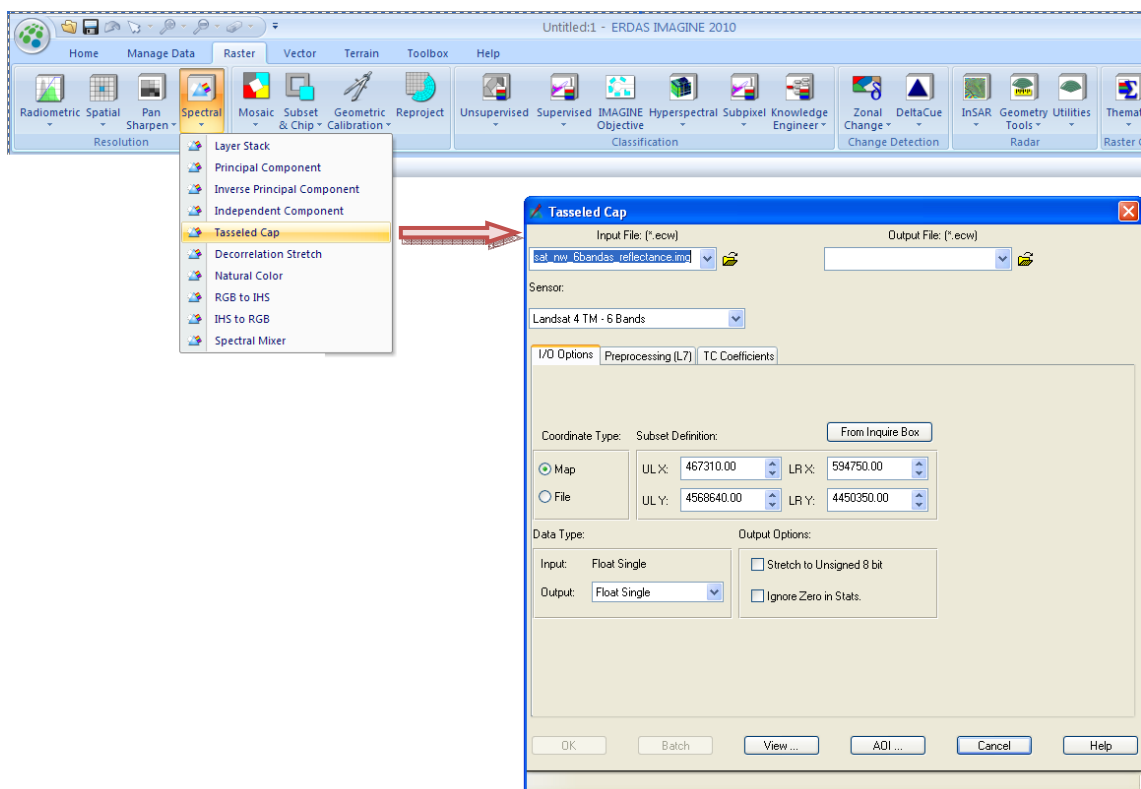


Con la ayuda de la herramienta **Inquire Cursor** , o cualquiera de las herramientas que ya conocemos para obtener información de la imagen, podemos examinar la imagen para ver qué valores de NDVI se corresponden con las diferentes cubiertas.

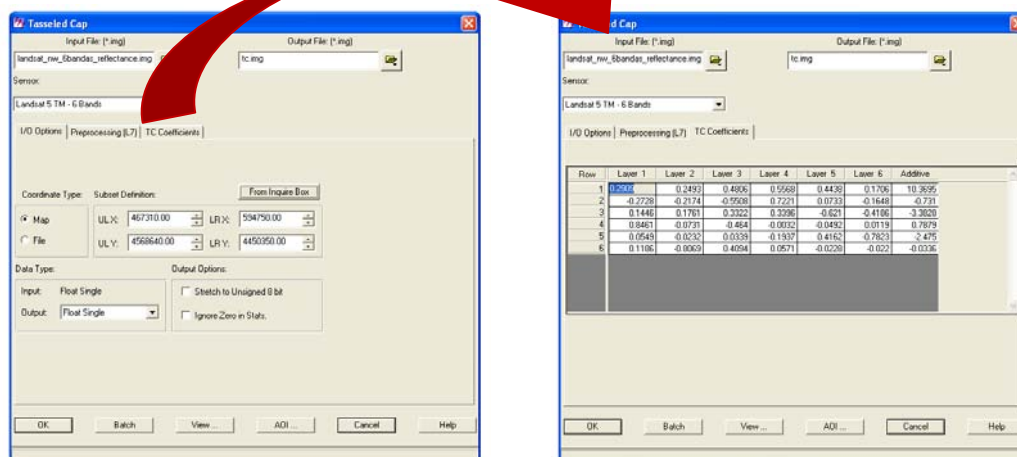
¿Qué valores tienen las zonas de agua?. ¿Hay diferencias entre las zonas de vegetación natural y los cultivos de regadío?. ¿Qué valores tienen las zonas urbanas?.

## Tasseled Cap

Esta transformación también está predefinida, al menos para los sensores más habituales, desde la pestaña **Raster grupo Classification – Spectral – Tasseled Cap**:

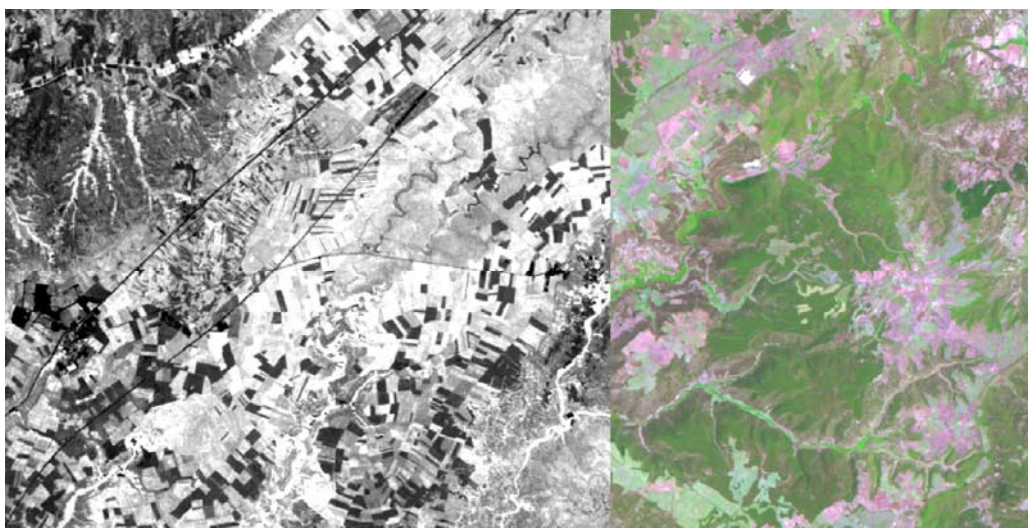


Introducimos la imagen de reflectividad y seleccionamos como sensor **Landsat 5 TM – 6 bands**, ya que esta imagen no cuenta con la banda térmica. La salida la vamos a crear en la carpeta resultados con el nombre *tc.img*. Si hacemos clic en la pestaña de la izquierda podemos ver los coeficientes que se van a aplicar y modificarlos:



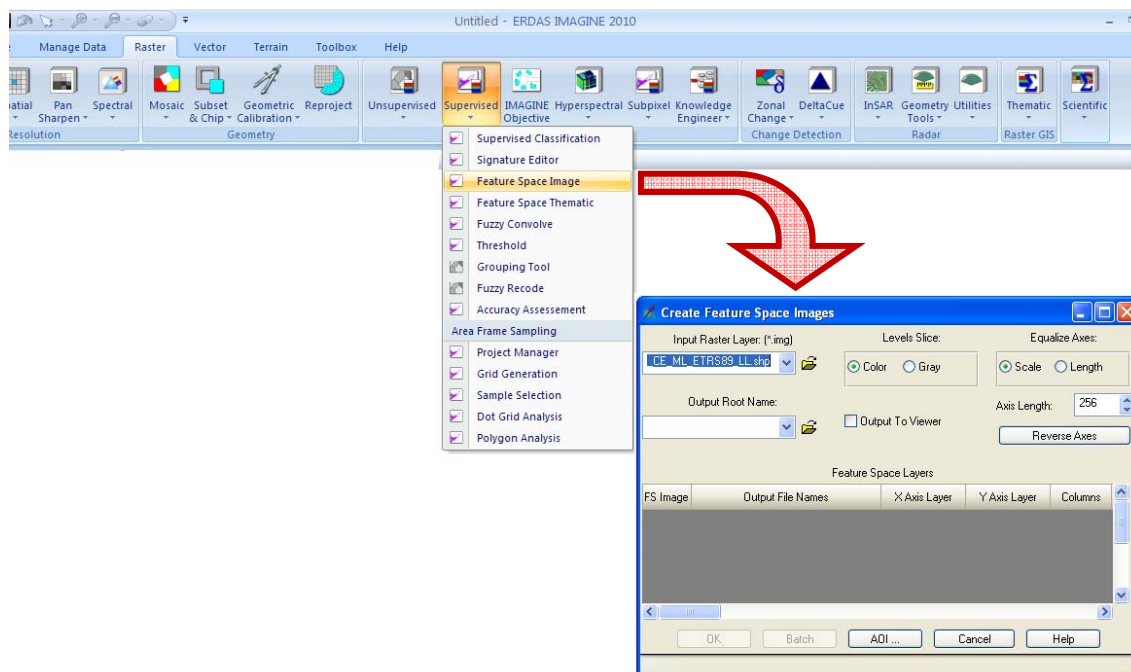


Sobre la imagen original vamos a visualizar el resultado de la transformación, banda a banda, revisando qué zonas tienen un valor más alto de verdor (banda 2) y humedad (banda 3):



Desde la herramienta que ya conocemos para crear gráficos de dispersión de bandas vamos a crear los planos de variación de la imagen de vegetación y suelos.

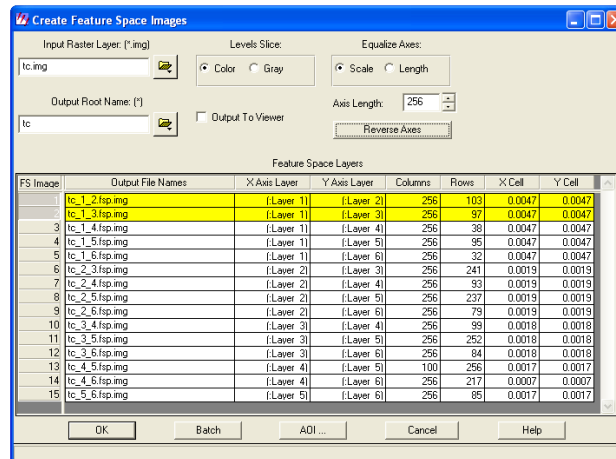
Accedemos desde **Raster – Supervised – Feature Space Image**:



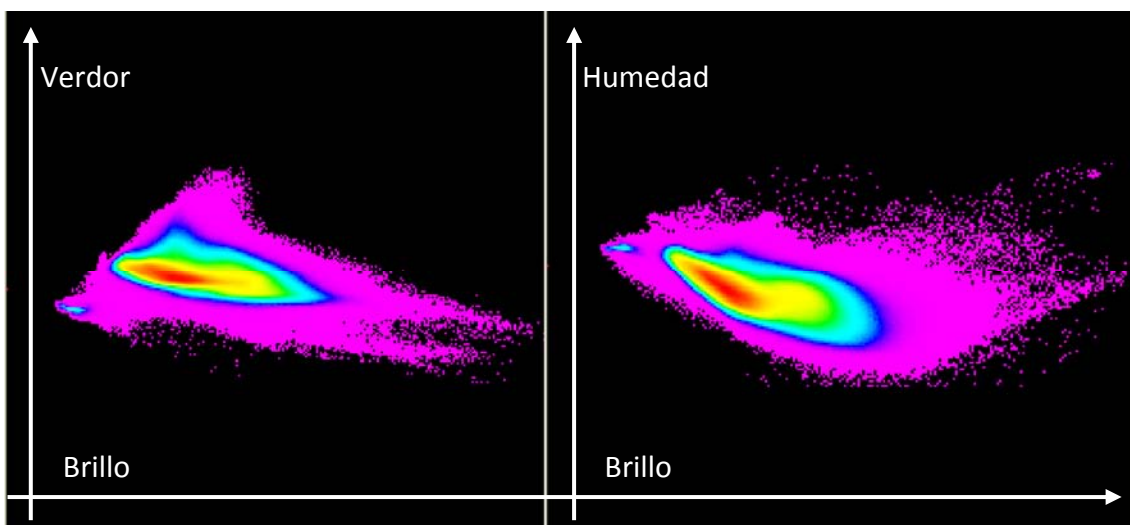


Como imagen de entrada seleccionamos la que acabamos de crear, *tc.img* y en **Output Root Name** navegamos hasta la carpeta de resultados y tecleamos el sufijo que queremos para las imágenes de dispersión de bandas: *plano\_tc*.

Las únicas combinaciones que nos interesan son las que sitúan en el eje de la X la banda 1 de brillo y en la Y las bandas 2 y 3, verdor y humedad, respectivamente:



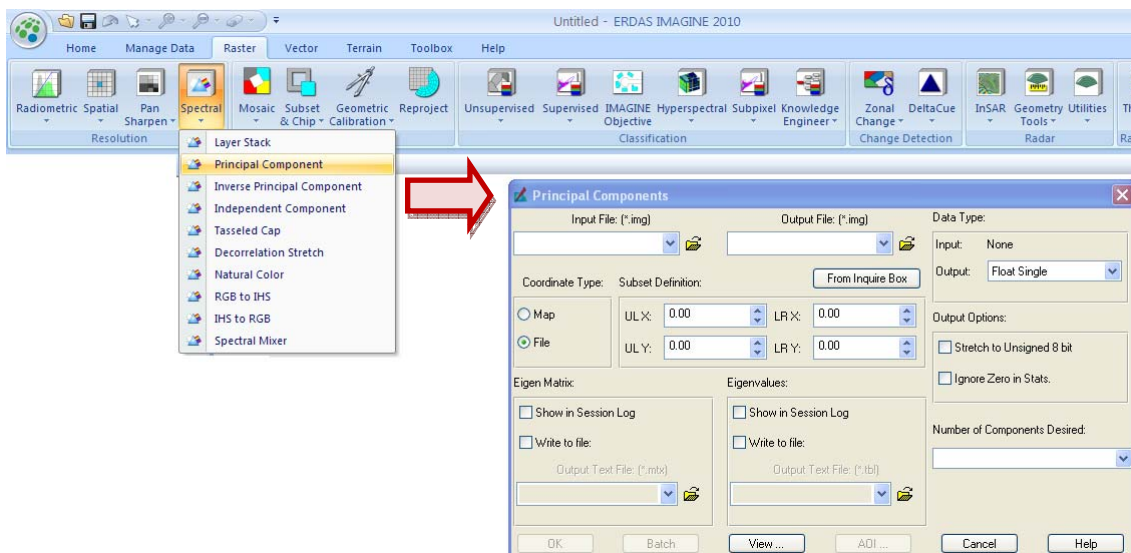
Una vez seleccionadas aceptamos y visualizamos los resultados en un visor normal:



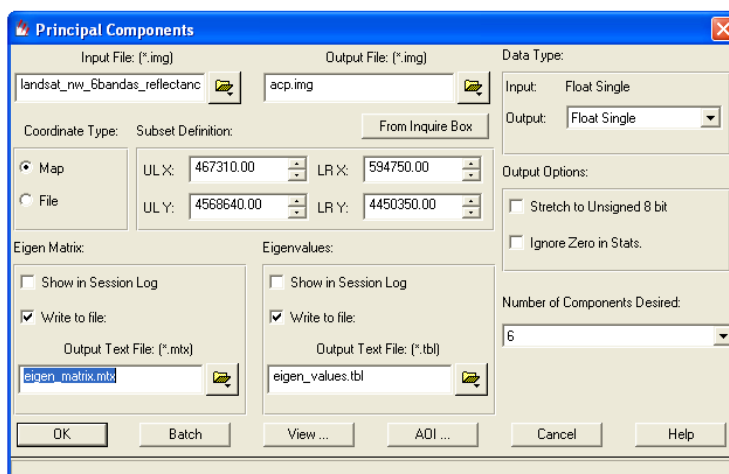
En ambos gráficos queda marcada la importancia de la presencia de agua en la imagen, debido a los numerosos embalses presentes, las zonas de edificación no son tan importantes en el conjunto del cuarto NW de la escena.

## Análisis de Componentes Principales

Accedemos desde la pestaña **Raster** grupo **Resolution** botón **Spectral – Principal Components**:



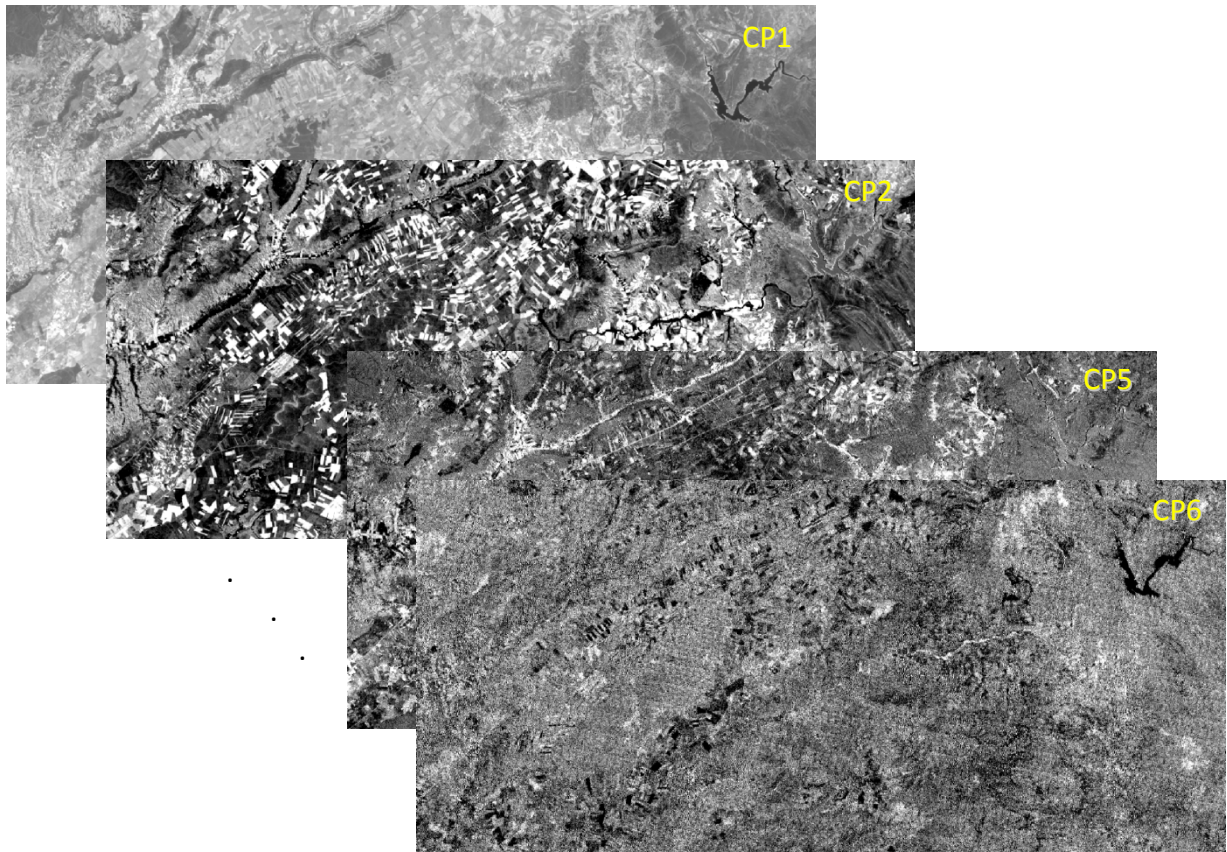
De nuevo introducimos la imagen con la que estamos trabajando en este módulo *landsat\_nw\_6bandas\_reflectance.img*, aunque en este caso no es necesario trabajar con los valores de reflectividad, ya que el resultado no va a representar una variable física.



Como imagen de salida vamos a crear, de nuevo en la carpeta de resultados, *acp.img*. Abajo a la derecha del cuadro de diálogo tenemos la opción de elegir el número de componentes deseado, que pueden ser tantos como variables de entrada, es decir, como bandas tenga la imagen. En principio vamos a seleccionar el máximo número de componentes posible, para observar cómo van conservando parte de la variabilidad recogida en la imagen inicial, es decir 6.

Recordamos que las nuevas variables se ordenan según su correlación con todas las variables originales, es decir, el primer componente es el que retiene mayor varianza de las variables originales, el segundo, algo menos, y así hasta el último, en que sólo quedan los residuos, pero que pueden ser importantes, por contener aquello que es menos frecuente en la imagen.

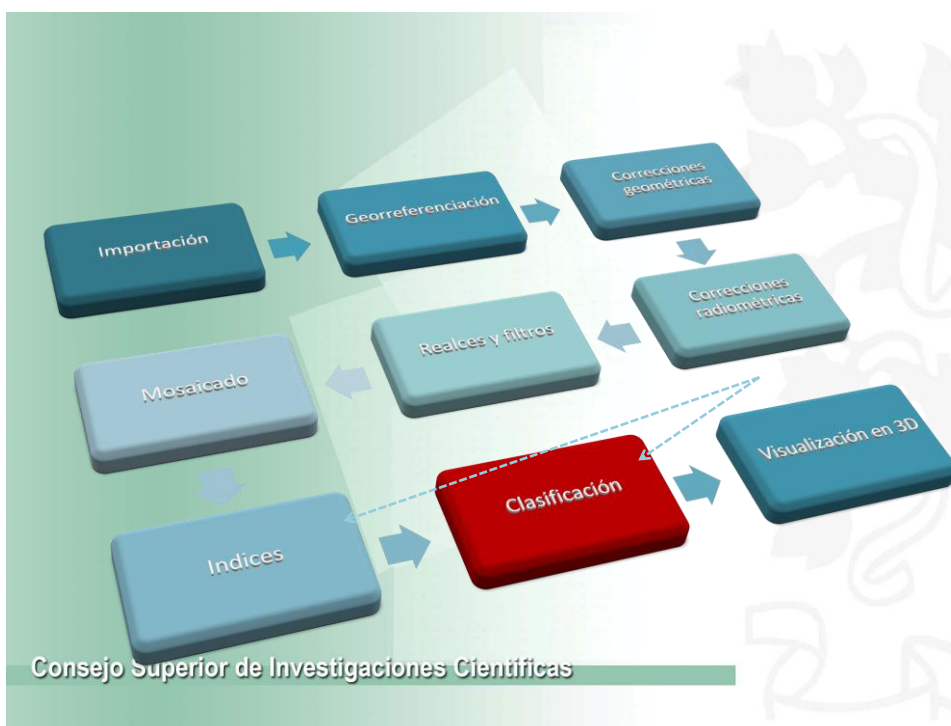
Para una mayor claridad examinaremos la imagen resultante en escala de grises, visualizando los componentes uno a uno para identificar qué es lo que retienen:



El primer componente es casi el equivalente a una imagen pancromática, ya que, al estar altamente correlacionado con todas las bandas, refleja la reflectividad general de la imagen; a partir de ahí el resto van individualizando elementos, cierto tipo de cultivos están presentes en el segundo, cuando llegamos al quinto nos encontramos con elementos como las carreteras y el último sólo conserva lo que es en realidad ruido en la imagen, un ligero efecto de bandeado.



## ***Clasificación de imágenes***





## CLASIFICACIÓN DIGITAL (TELEDETECCIÓN CUALITATIVA)

El objetivo es obtener una imagen temática a partir de las bandas de información contenidas en una imagen de satélite

Establecer una correspondencia biunívoca entre clases informacionales (cobiertas) y clases espectrales (grupos de píxeles con características espectrales homogéneas).



## Criterios en la clasificación

### Espectral

- Basada en los ND de la imagen.

### Espacial:

- Basada en la estructura y contexto espacial.

### Temporal:

- Evolución estacional de las características espectrales y espaciales.

### Información auxiliar:

- MDE, cartografía temática,...



## FASES DE LA CLASIFICACIÓN DIGITAL

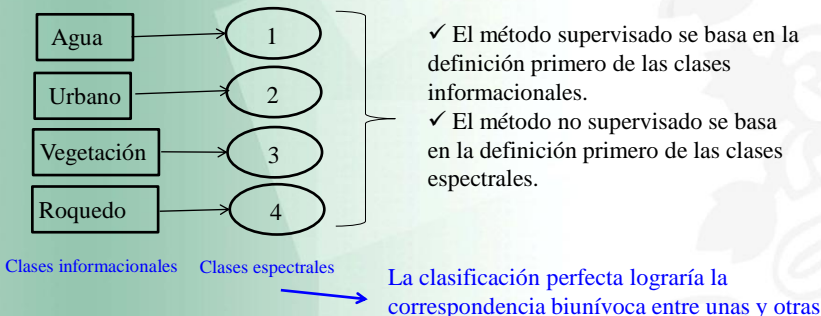
### FASES

1. **Entrenamiento:** obtener el rango de ND en cada banda que caracteriza cada clase informacional. Métodos:
  - a. Supervisado
  - b. No supervisado
2. **Asignación:** adscripción de cada píxel de la imagen a una clase. Métodos:
  - a. Mínima distancia
  - b. Paralelepípedos
  - c. Máxima probabilidad
  - d. Clasificadores en árbol
  - e. Redes neuronales
3. **Verificación de resultados:** comprobación frente a la realidad terreno

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Diferencias entre el método Supervisado y el No supervisado

- ✓ El método supervisado necesita de un conocimiento previo del espacio sobre el que se realiza la clasificación. El analista selecciona la muestra en función de este conocimiento.
- ✓ El método no supervisado realiza una definición automática de grupos de valores dentro de la imagen.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Método Supervisado

### Conocimiento del terreno.

#### ▪ Áreas de entrenamiento:

- Varias áreas por categoría (recoger variabilidad de la clase).
- Es necesario seleccionar  $m+1$  píxeles por categoría ( $m = n^\circ$  de bandas).
- Resulta conveniente llegar a 10m o 100m (dependiendo de la complejidad del paisaje).

#### ▪ Análisis áreas de entrenamiento:

- Cálculo de estadísticos descriptivos de la muestra (de centralidad y dispersión).
- Gráficos de medias y de dispersión espectral

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Método No Supervisado

#### ▪ Busca definir clases espectrales dentro de la imagen.

#### ▪ Asume que los ND de la imagen forman conglomerados o *clusters* más o menos nítidos y que estos equivalen a categorías temáticas.

#### ▪ No requiere conocimiento previo del terreno. La acción del analista se centra más en la interpretación que en la consecución de resultados.

#### ▪ Parámetros en la definición de los *clusters*:

1. Variables que intervienen en el análisis (bandas).
2. Criterio de similitud o distancia entre casos (concepto de distancia).
3. Criterio para agrupar los casos similares (ISODATA).

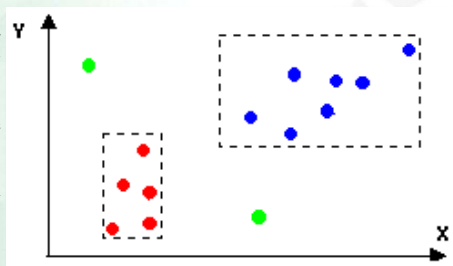
#### ▪ Puede requerir recodificaciones o eliminaciones de las clases.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Clasificador de paralelepípedos

- ❖ Se trata de definir un dominio para cada clase en función de sus valores de centralidad y dispersión.
- ❖ En torno a cada centroide de clase se definirá un paralelepípedo n-dimensional que integrará todos los píxeles que se hayan dentro.
- ❖ Es un método muy rápido de aplicar.
- ❖ El principal inconveniente es la falta de exactitud, siendo muy frecuente:
  - La superposición de paralelepípedos.
  - Píxeles fuera y, por tanto, sin asignar a ninguna clase.



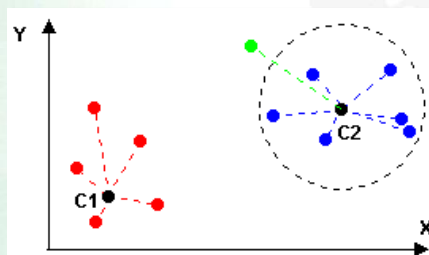
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Clasificador de mínima distancia

- ❖ Los píxeles son clasificados en función de la distancia euclidiana al centroide de la clase.
- ❖ Se refiere a distancia espectral no espacial.
- ❖ El centroide de cada clase quedará definido por las medias aritméticas de los valores de la muestra de esa clase en cada banda

$$d_{ai}^2 = \sqrt{\sum_{k=0}^n (x_{ak} - \bar{x}_{ki})^2}$$

$d_{ai}$  es la distancia del píxel "a" a la clase "i".  
 $x_{ak}$  es la componente en la banda "k" del píxel "a".  
 $\bar{x}_{ki}$  es la componente en la banda "k" de la media de los píxeles en la clase "i".



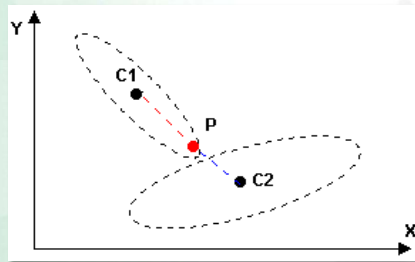
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Distancia de Mahalanobis

- ❖ Asume la normalidad: que los histogramas de las clases reflejan una distribución normal.
- ❖ Los límites entre clases vendrían definidos por elipsoides.
- ❖ Es un tipo de distancia que se adapta mejor a la variabilidad entre categorías.

$$d_M = \sqrt{(\bar{x} - \mu)^T \Sigma^{-1} (\bar{x} - \mu)}$$

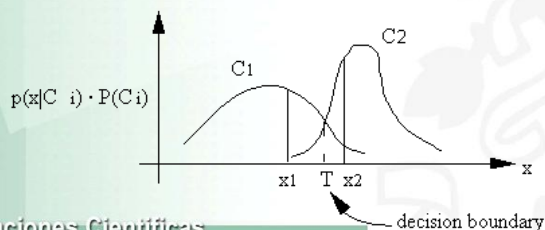
$\bar{x}$  es el vector de medias de los píxeles de la muestra.  
 $\mu$  es el vector de medias de los píxeles de una clase.  
 $\Sigma$  es la matriz de varianza-covarianza de los píxeles de una clase.



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Clasificador de máxima probabilidad

- ❖ Asume la normalidad de la distribución de los ND dentro de cada clase.
- ❖ Está basado en el cálculo de probabilidades de que un píxel pertenezca a una clase.
- ❖ Cada píxel se asigna a la clase que maximiza la función de probabilidad.
- ❖ Tiene en cuenta la variabilidad de los ND entre clases al estar basado un vector de medias y en la matriz de varianza-covarianza.
- ❖ Es un método que requiere mayor tiempo de proceso, pero ofrece buenos resultados.
- ❖ Muy utilizado

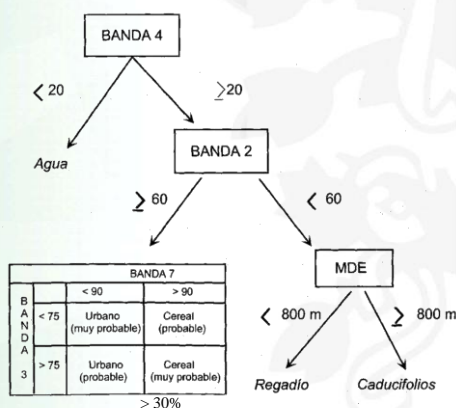


Consejo Superior de Investigaciones Científicas



## Árbol de decisiones

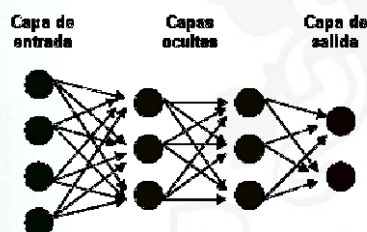
- ❖ Método sencillo pero muy eficiente.
- ❖ No requiere de la asunción de normalidad.
- ❖ Consiste en discriminar secuencialmente las categorías a través de la definición de reglas dicotómicas.
- ❖ Permite la utilización de información auxiliar, no sólo espectral (es recomendable su uso).
- ❖ Las reglas se concretan en operadores lógicos condicionales (del tipo IF...THEN...).



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Redes neuronales

- ❖ Emulan el sistema neuronal humano.
- ❖ Son capaces de aprender la relación entre los datos de entrada y de salida.
- ❖ Se estructuran en tres niveles o capas:
  - Nivel de entrada: información espectral y auxiliar.
  - Nivel de salida: categorías.
  - Nivel oculto: procesan los datos entrada-salida.
- ❖ Se requieren tres fases: definición de la arquitectura, entrenamiento y clasificación.
- ❖ Una vez entrenada una red neuronal es factible utilizarla para clasificar datos distintos (capacidad de generalización).



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Lógica borrosa

Clasificador máxima probabilidad

Probabilidad de pertenencia a cada clase de un píxel

### SALIDAS

Mapa temático + mapa de distancias

Imagen en escala de grises para cada clase



Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Problemas de la clasificación digital de imágenes

### ■ Fuentes de error:

1. Problemas con la radiometría de las imágenes.
2. Alta variabilidad de los ND (dificultad de asignarse a una clase).
3. Insuficiente resolución espectral/espacial/temporal.
4. Mezcla de señales en el píxel.
5. Falta de información auxiliar.



**Validación de datos**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## VERIFICACIÓN DE RESULTADOS

- Comparación con una fuente externa de datos considerados la “verdad terreno”.
- Las fuentes de estos datos de referencia podrá obtenerse en trabajos de campo o de información auxiliar.
- La información de referencia deberá ser de fecha lo más cercana posible.



**Matriz de confusión.**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## La matriz de confusión

|            |                         | REFERENCIA (ha) |            |            | Exactitud del usuario | Error de comisión |
|------------|-------------------------|-----------------|------------|------------|-----------------------|-------------------|
|            |                         | Clase A         | Clase B    | Total      |                       |                   |
| ESTIMACIÓN | Clase A                 | 428,160         | 175,556    | 603,716    | 70.92                 | 29.08             |
|            | Clase B                 | 74,895          | 40,908,912 | 40,983,808 | 99.82                 | 0.18              |
|            | Total                   | 503,055         | 41,084,469 | 41,587,524 |                       |                   |
|            | Exactitud del productor | 85.11           | 99.57      |            |                       |                   |
|            | Error de Omisión        | 14.89           | 0.43       |            |                       |                   |

Mide el porcentaje de superficie estimada de cada clase que ha sido correctamente clasificada.

Mide el porcentaje de superficie estimada de cada clase que ha sido confundida con superficie de la otra clase. Por tanto, incorrectamente clasificada.

Mide el porcentaje de la superficie de referencia que no ha sido clasificada como tal, y por tanto omitida.

Mide el porcentaje de superficie de referencia de cada clase que ha sido correctamente clasificada.

Adicionalmente será conveniente obtener el estadístico *kappa*. Nos da una idea de hasta que punto el acierto de nuestra clasificación se debe al simple azar.

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

## Práctica 8.1: Clasificación no supervisada.

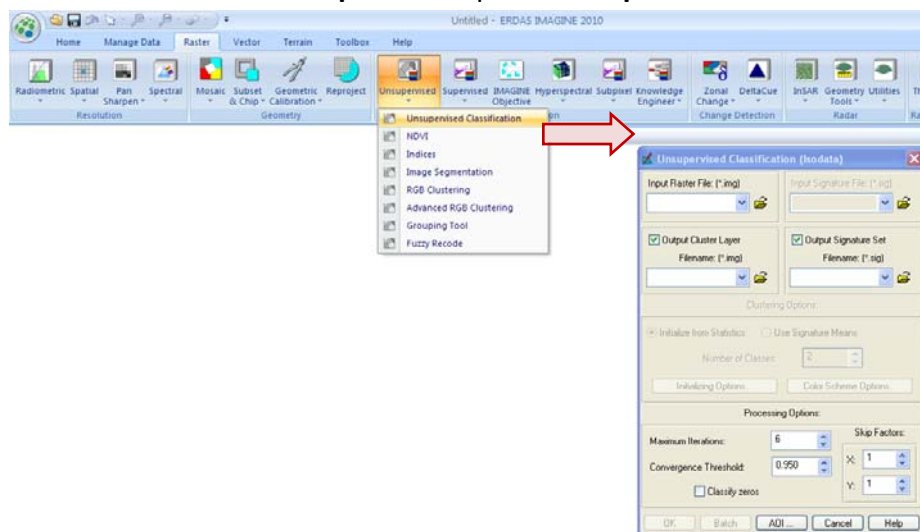
### Práctica 8.1.1

El objetivo de esta práctica es realizar una clasificación no supervisada.

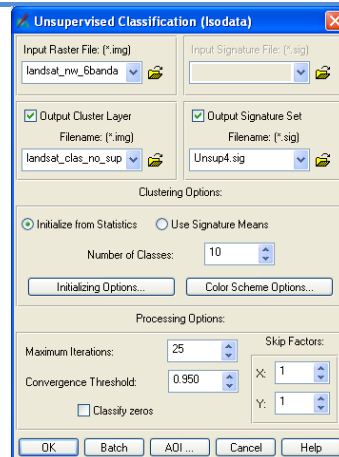
Abrimos la imagen Landsat\_nw\_6bandas\_reflectance de la carpeta Practica8\_1. (hazlo en modo Pseudo Color; defínelo en el panel **Spectral**).

1.

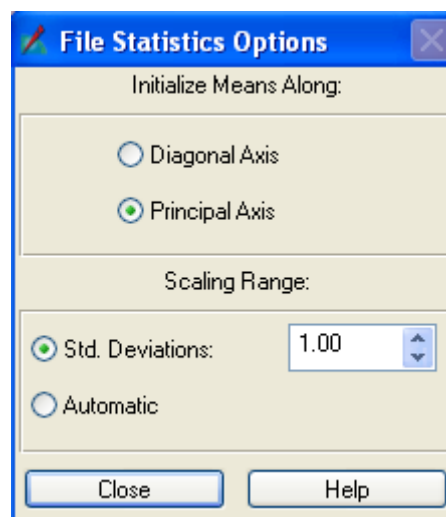
Desde la barra principal de **ERDAS IMAGINE** abrimos la pestaña **Raster** grupo **Classification** botón **Unsupervised** opción **Unsupervised Classification**.



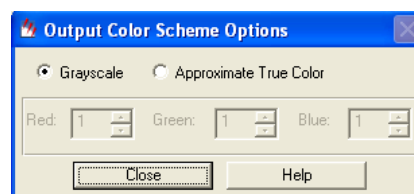
2. Como archivo de entrada vamos a introducir la imagen Landsat corregida a valores de reflectividad aparente realizada en la práctica 4. En la parte del archivo de salida tendremos que dar un nombre y una ubicación al mismo. Podemos llamarlo "landsat\_clas\_no\_sup.img" u otro que te parezca apropiado.
3. El apartado de las opciones de definición de *clusters* debemos indicar el número de clases que queremos obtener. Vamos a indicar que sean 10.



4. Pulsa el botón **Initializing Options** para configurar el criterio de definición del valor de las medias de la que partirá el método ISODATA. Marca la opción **Principal Axis** y consigna un valor de 1 para la Desviación Estándar.



5. Pulsa el botón **Color Scheme Options** y elige la opción **Grayscale**.



6. En el apartado **Processing Options** indicaremos el número máximo de iteraciones que se podrán realizar y un umbral de convergencia (**Convergence Thresholding**). Este umbral de convergencia fija el porcentaje máximo de píxeles que pueden cambiar de clase de una iteración a otra para detener el proceso. Fijaremos un máximo de **25 iteraciones** y un **umbral de convergencia**

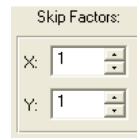


de 0.95 (esto significará que si sólo cambia un 5 % de píxeles de categoría, entre iteraciones, el proceso de clasificación se da por finalizado).

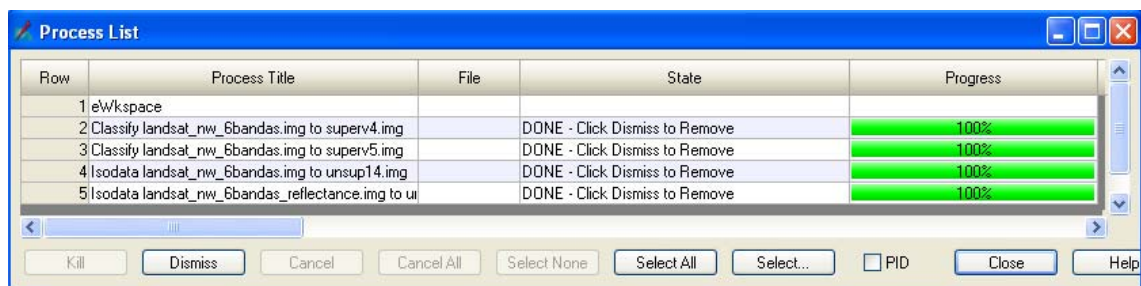
**NOTA:**

El objetivo de fijar el número máximo de iteraciones y el umbral de convergencia es evitar que el proceso iterativo que supone la aplicación de ISODATA entre en un bucle sin final.

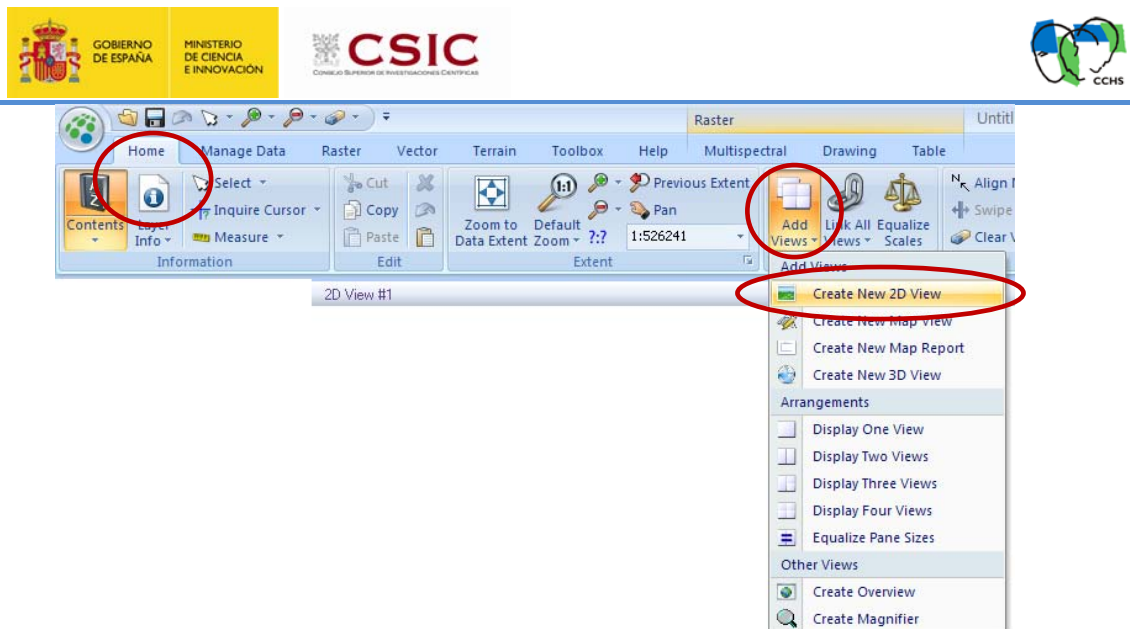
- Dejamos los valores **Skip Factors** en 1 (si se elevan estos valores se reduce el tiempo de procesado, pero se provoca que el resultado final sea menos preciso).



- Una vez que hayas completado todos los parámetros requeridos pulsa **Ok**.
- Cuando el proceso acabe (bien porque se alcanzan el número máximo de iteraciones o porque se supera el umbral de convergencia) lo indicará mediante una ventana de estado.



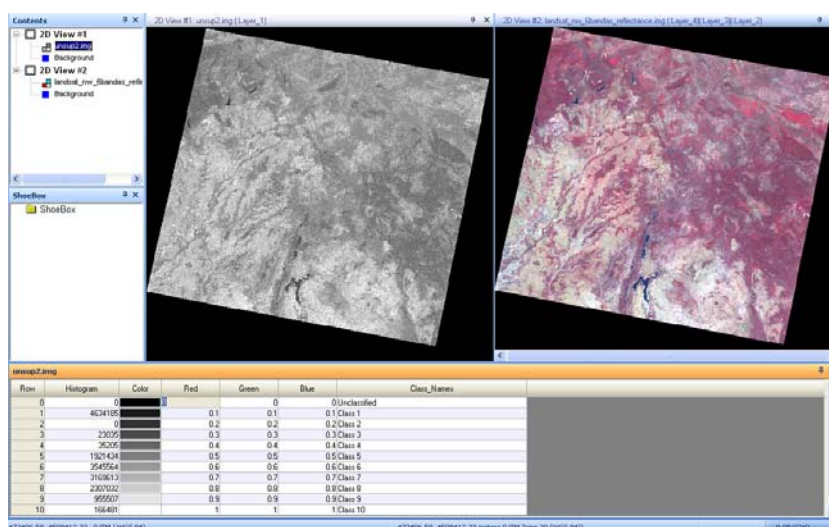
- Visualiza el resultado de la clasificación abriendo el archivo que lo recoge en el **Viewer**, en un segundo espacio de visualización. En **Home-Add Views-Create New 2D View**.



11. Utiliza la función **Link** que se encuentra en el panel **Home-Window-Link All View** para unir las dos vistas.



12. Una vez *linkadas* utiliza las herramientas de zoom o el **Inquire Cursor** para observar la equivalencia entre clases y tipos de cubiertas.



13. Desde la tabla de contenidos pulsando el botón derecho del ratón sobre el nombre de la imagen resultado de la clasificación, despliega la tabla de atributos raster “Display Attribute Table”.

| Row | Histogram | Color | Red | Green | Blue | Opacity | Class_Names  |
|-----|-----------|-------|-----|-------|------|---------|--------------|
| 0   | 0         |       | 0   | 0     | 0    | 0       | Unclassified |
| 1   | 4634185   |       | 0.1 | 0.1   | 0.1  | 1       | Class 1      |
| 2   | 0         |       | 0.2 | 0.2   | 0.2  | 1       | Class 2      |
| 3   | 23035     |       | 0.3 | 0.3   | 0.3  | 1       | Class 3      |
| 4   | 35205     |       | 0.4 | 0.4   | 0.4  | 1       | Class 4      |
| 5   | 1921434   |       | 0.5 | 0.5   | 0.5  | 1       | Class 5      |
| 6   | 3545564   |       | 0.6 | 0.6   | 0.6  | 1       | Class 6      |
| 7   | 3169613   |       | 0.7 | 0.7   | 0.7  | 1       | Class 7      |
| 8   | 2307032   |       | 0.8 | 0.8   | 0.8  | 1       | Class 8      |
| 9   | 955507    |       | 0.9 | 0.9   | 0.9  | 1       | Class 9      |
| 10  | 166481    |       | 1   | 1     | 1    | 1       | Class 10     |

14. Cambia los colores de la leyenda para que las clases sean más fácilmente identificables. Para ello sólo tienes que hacer *click* sobre el registro correspondiente del campo color. Te saldrá una paleta de color preseleccionada, pero podrás elegir otros colores si eliges **Other**.

As Is

- Black
- White
- Red
- Green
- Blue
- Cyan
- Magenta
- Yellow
- Gray
- Light Gray
- Turquoise
- Aquamarine
- DarkGreen
- chartreuse
- LightYellow
- Gold
- Sienna
- Beige
- Tan
- Brown
- Orange

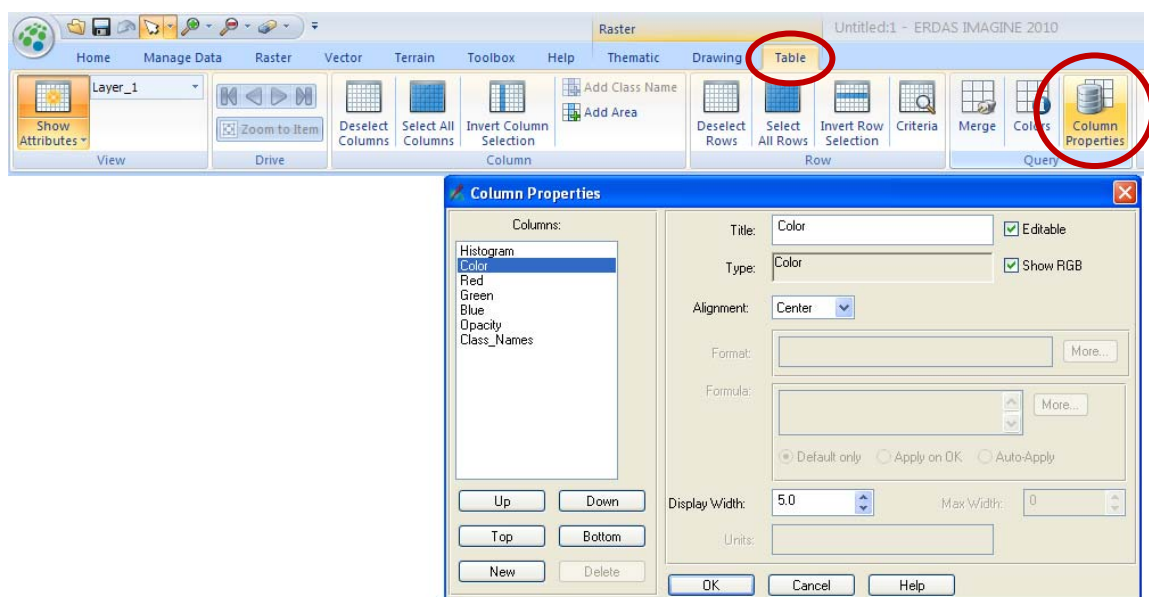
- Pink
- LightPink
- Maroon
- Violet
- Purple
- Other..

| Row | Histogram | Color | Red | Green | Blue | Opacity | Class_Names  |
|-----|-----------|-------|-----|-------|------|---------|--------------|
| 0   | 0         |       | 0   | 0     | 0    | 0       | Unclassified |
| 1   | 4634185   |       | 0.1 | 0.1   | 0.1  | 1       | Class 1      |
| 2   | 0         |       | 0.2 | 0.2   | 0.2  | 1       | Class 2      |
| 3   | 23035     |       | 0.3 | 0.3   | 0.3  | 1       | Class 3      |
| 4   | 35205     |       | 0.4 | 0.4   | 0.4  | 1       | Class 4      |
| 5   | 1921434   |       | 0.5 | 0.5   | 0.5  | 1       | Class 5      |
| 6   | 3545564   |       | 0.6 | 0.6   | 0.6  | 1       | Class 6      |
| 7   | 3169613   |       | 0.7 | 0.7   | 0.7  | 1       | Class 7      |
| 8   | 2307032   |       | 0.8 | 0.8   | 0.8  | 1       | Class 8      |
| 9   | 955507    |       | 0.9 | 0.9   | 0.9  | 1       | Class 9      |
| 10  | 166481    |       | 1   | 1     | 1    | 1       | Class 10     |

15. Puedes situarte sobre la imagen original y localizar con el **Inquire Cursor** en **Home-Information** algunas clases fácilmente distinguibles y comprobar a qué

categoría pertenecen en la imagen clasificada (por ejemplo, el agua, cultivos, zonas artificiales, distintos tipos de vegetación).

16. Ahora vamos a probar un modo de visualización del resultado diferente. Para ello tienes que cargar la imagen clasificada (en Pseudo Color) y la original en un mismo visor. Sitúa el resultado de la clasificación por encima de la imagen sin clasificar, haciendo click sobre el nombre de la imagen en **Contents** y arrastrándola hacia arriba.
17. Despliega la tabla de atributos en el botón derecho del ratón sobre el nombre de la imagen en la tabla de contenidos **Display Attribute Table**. Una vez abiertos los atributos en el menú **Table** seleccionar **Column Properties**. A través de esta opción puedes configurar la tabla de atributos, entre otras cosas puedes modificar el orden en que se muestran los campos. Localiza el campo "Class\_Name" y sitúalo al principio de la lista con los botones **Up** o **Top**. Sitúa el campo "Color" justo debajo del anterior y después el campo "Opacity". Cambia también la anchura de visualización del campo "Class\_Name" a 20 (**Display With**). Pulsa **Ok** y observa los cambios producidos en la tabla.



| unsup3.img |           |       |     |       |      |         |              |
|------------|-----------|-------|-----|-------|------|---------|--------------|
| Row        | Histogram | Color | Red | Green | Blue | Opacity | Class_Names  |
| 0          | 0         |       | 0   | 0     | 0    | 0       | Unclassified |
| 1          | 4634185   |       | 0.1 | 0.1   | 0.1  | 1       | Class 1      |
| 2          | 0         |       | 0.2 | 0.2   | 0.2  | 1       | Class 2      |
| 3          | 0         |       | 0.3 | 0.3   | 0.3  | 1       | Class 3      |
| 4          | 57915     |       | 0   | 1     | 1    | 1       | Class 4      |
| 5          | 2524165   |       | 0.5 | 0.5   | 0.5  | 1       | Class 5      |
| 6          | 4711780   |       | 0.6 | 0.6   | 0.6  | 1       | Class 6      |
| 7          | 3400340   |       | 0.7 | 0.7   | 0.7  | 1       | Class 7      |
| 8          | 1288497   |       | 0.8 | 0.8   | 0.8  | 1       | Class 8      |
| 9          | 136117    |       | 0.9 | 0.9   | 0.9  | 1       | Class 9      |
| 10         | 5057      |       | 1   | 1     | 1    | 1       | Class 10     |

18. Ahora sitúate con el cursor en el campo “Opacity” en la tabla de atributos y pincha sobre él para seleccionar todos los registros. Pincha sobre la flecha en la derecha de la cabecera del campo y sitúate sobre el espacio **Formula** y escribe el valor 0, marca la opción **Apply**. Todos los valores de Opacidad se ponen a 0, es decir, dejan de ser visibles.

| Opacity | Histogram        | Red      | Green    | Blue     |
|---------|------------------|----------|----------|----------|
|         | Column Options   | 0.608763 | 0.960885 | 0.539115 |
|         | Select           | 0.1      | 0.1      | 0.1      |
|         | Sort             | 0.2      | 0.2      | 0.2      |
|         | Edit             | 0.3      | 0.3      | 0.3      |
|         | Format...        | 0.4      | 0.4      | 0.4      |
|         | Report...        | 0.5      | 0.5      | 0.5      |
|         | Import...        | 0.6      | 0.6      | 0.6      |
|         | Export...        | 0.7      | 0.7      | 0.7      |
|         | Formula...       | 0.8      | 0.8      | 0.8      |
|         | Color...         | 0.9      | 0.9      | 0.9      |
|         | Alignment        | 1        | 1        | 1        |
|         | Compute Stats... |          |          |          |

536713.01, 4514669.70 meters (UTM Zone 30 (WGS 84))

**Formula**

Columns: Class\_Names, Color, Opacity, Histogram, Red, Green, Blue

Functions: row, pi, mod(<a>,<b>), abs(<a>), int(<a>), even(<a>), odd(<a>), max(<a>,<b>), min(<a>,<b>), sin(<a>), cos(<a>)

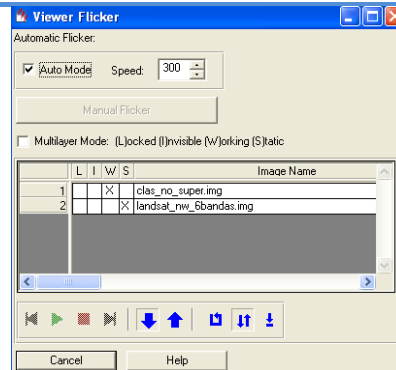
Formats: General, 0, 0.00, #,##0, #,##0.00, 0%, 0.00%, 0.00E+00, m/d/yy, d-mmm-yy, d-mmm-yy h:mm:ss

Formula: 0

Apply Clear Close Help

19. Cambia el color de la “Class\_3” por azul, en el botón derecho del ratón pincha **Select None** y sitúa el valor 1 en el campo “Opacity” (comprueba que la clase se corresponde con cubiertas de agua).
20. Activa la función **Flicker** desde el menú **Home- View** pinchando en la segunda entrada horizontal y selecciona el **Flicker** con la opción **Automode**. La clase que estabas visualizando debe empezar a parpadear dejando fija la imagen Landsat de fondo. Manteniendo activa esta función utiliza las herramientas de zoom y desplazamiento sobre la imagen para comprobar si la clasificación de esta cubierta ha sido más o menos precisa (nos sirve para comprobar si los parámetros definidos durante la clasificación se pueden quedar así o es mejor cambiarlos).





21. Repite el proceso de visualización de cada una de las nueve categorías restantes mediante la herramienta **Flicker** y el control del nivel de opacidad. Los nombres que tienes que dar a las distintas clases son las consignadas en la tabla. Modifica el color de cada categoría. El resultado debe ser algo parecido al mostrado en la imagen capturada.

| Clase    | Nombre             |
|----------|--------------------|
| Class_1  | No clasificado     |
| Class_2  | Agua profunda      |
| Class_3  | Agua poco profunda |
| Class_4  | Vegetacion1        |
| Class_5  | Vegetacion2        |
| Class_6  | Vegetacion3        |
| Class_7  | Vegetacion4        |
| Class_8  | Vegetacion5        |
| Class_9  | Cultivos1          |
| Class_10 | Cultivos2          |

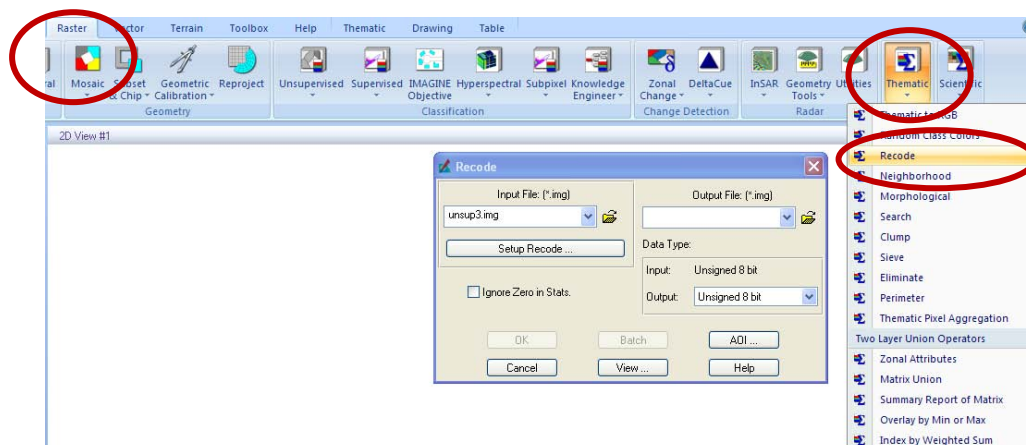
Raster Attribute Editor - clas\_no\_super\_1.img(:Layer\_1)

File Edit Help

Layer Number: 1

| Row | Class Names       | Color | Opacity | Histogram | Red      |
|-----|-------------------|-------|---------|-----------|----------|
| 0   | Unclassified      |       | 1       | 4634185   | 0        |
| 1   | Agua              |       | 1       | 55811     | 0        |
| 2   | Vegetacion1       |       | 1       | 216364    | 0        |
| 3   | Vegetacion2       |       | 1       | 969240    | 0.498039 |
| 4   | Vegetacion3       |       | 1       | 2261205   | 0.498039 |
| 5   | Vegetacion4       |       | 1       | 2951204   | 0.413443 |
| 6   | Cultivos1         |       | 1       | 2393676   | 1        |
| 7   | Cultivos2         |       | 1       | 1837441   | 1        |
| 8   | Cultivos3         |       | 1       | 996114    | 0.647059 |
| 9   | Suelo_vegetacion1 |       | 1       | 371768    | 0        |
| 10  | Suelo_vegetacion2 |       | 1       | 71048     | 1        |

22. Nuestro siguiente paso será modificar el resultado de la clasificación recodificando las clases de modo que la leyenda final quede reducida a cuatro categorías: agua, vegetación, cultivo y suelo-vegetación. Abrimos la pestaña **Raster** y desplegamos el menú **Raster-Gis**, seleccionando la opción **Recode**.



23. Se despliega una tabla con distintos campos. Uno de ellos se llama **New Value**. En el primer campo **Value** consta el código resultado de la clasificación y en el segundo consignaremos el nuevo valor. En este campo **New Value** escribiremos el mismo valor para las categorías que queremos agrupar (será un valor consecutivo, del 1 hasta el 4). Puedes modificar los valores de la tabla *clickando* directamente sobre el registro a modificar y escribiendo seguidamente el valor o, también, seleccionando uno o varios registros e introduciendo el nuevo valor de codificación en el *combo* etiquetado como **New Value** (hay que pulsar el botón **Change Selected Rows**).

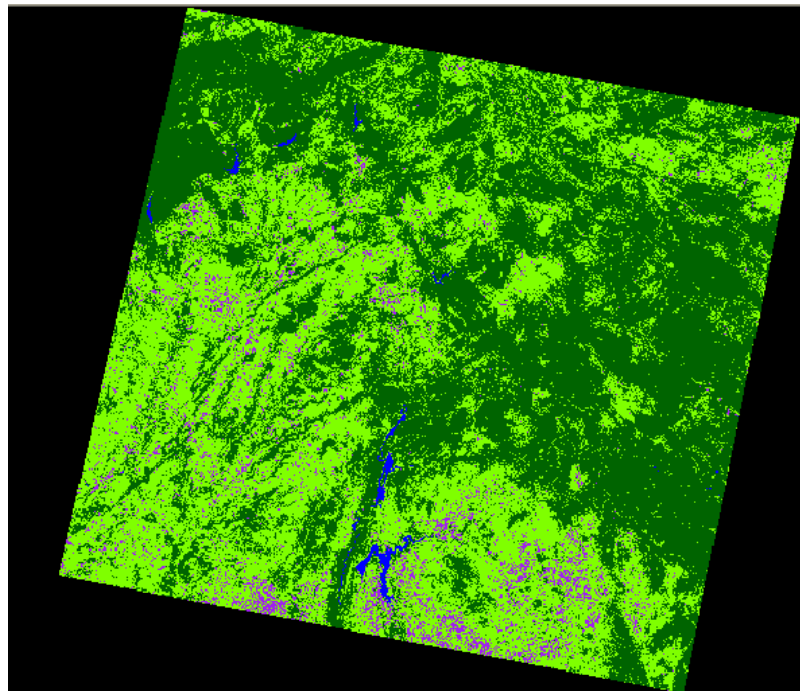
Recode: clas\_no\_super\_1.img

| Row | Old Value | New Value | Histogram    | Red   |
|-----|-----------|-----------|--------------|-------|
| 0   | 0         |           | 4.63419e+006 |       |
| 1   | 1         | 1         | 55811        |       |
| 2   | 2         | 2         | 216364       |       |
| 3   | 3         | 2         | 969240       | 0.496 |
| 4   | 4         | 2         | 2.26121e+006 | 0.496 |
| 5   | 5         | 2         | 2.9512e+006  | 0.413 |
| 6   | 6         | 3         | 2.39368e+006 |       |
| 7   | 7         | 3         | 1.83744e+006 |       |
| 8   | 8         | 3         | 996114       | 0.647 |
| 9   | 9         | 4         | 371768       |       |
| 10  | 10        | 4         | 71048        |       |

New Value: 3 Change Selected Rows

Apply Close Help

24. Pulsa **Apply** cuando estés seguro de haber completado como quieres la recodificación de las categorías. El resultado debe ser algo parecido al que se muestra en la imagen.



25. Para guardar el resultado de la recodificación rellena output file en la carpeta de resultados con un nombre alusivo, por ejemplo ("class\_no\_supervi\_recodif.img").
26. Si quieres modificar los colores de la leyenda puedes hacerlo desde el menú **Table/Colors**, tal y como has hecho antes en esta práctica.

## Práctica 8.2: Clasificación supervisada

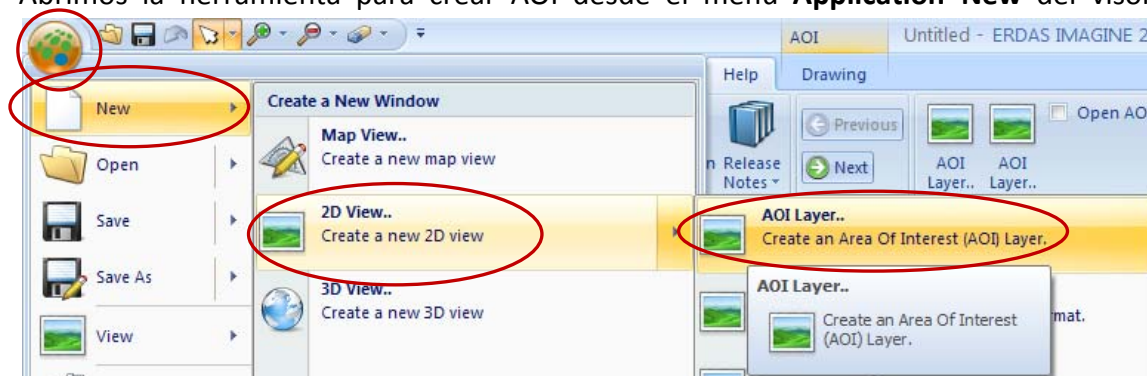
### Fase de entrenamiento

En el proceso de clasificación supervisada es necesario comenzar por asignar las áreas de entrenamiento. Antes de nada es necesario tener claro cuáles son las clases que queremos obtener. Para ello hemos preparado una leyenda basada en las clases del Corine Land Cover 2000 presentes en la zona de estudio:

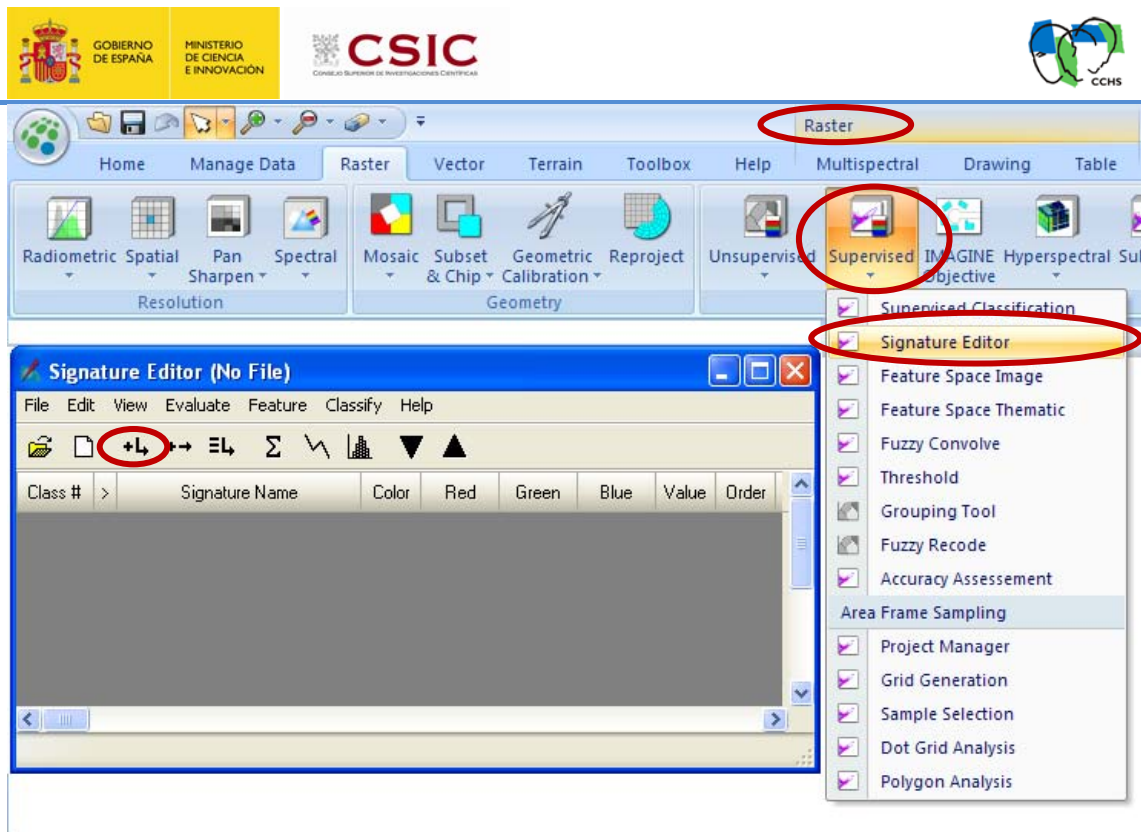
1. Zonas artificiales: tejido urbano, zonas industriales
2. Cultivos de secano, mosaico de cultivos, viñedos
3. Cultivos de regadío
4. Vegetación 1: bosques de frondosas
5. Vegetación 2: bosques de coníferas, mixtos, vegetación dispersa
6. Vegetación 3: zonas de matorral, vegetación esclerófila o praderas
7. Agua: láminas y cursos de agua



Desde el visor, con la ayuda de las herramientas para la creación de **AOI** y el **Signature Editor**, vamos a digitalizar áreas de entrenamiento para cada una de estas clases. Para ello abrimos la imagen *landsat\_nw\_6bandas.img* en el visor con una combinación de bandas 4, 3, 2.

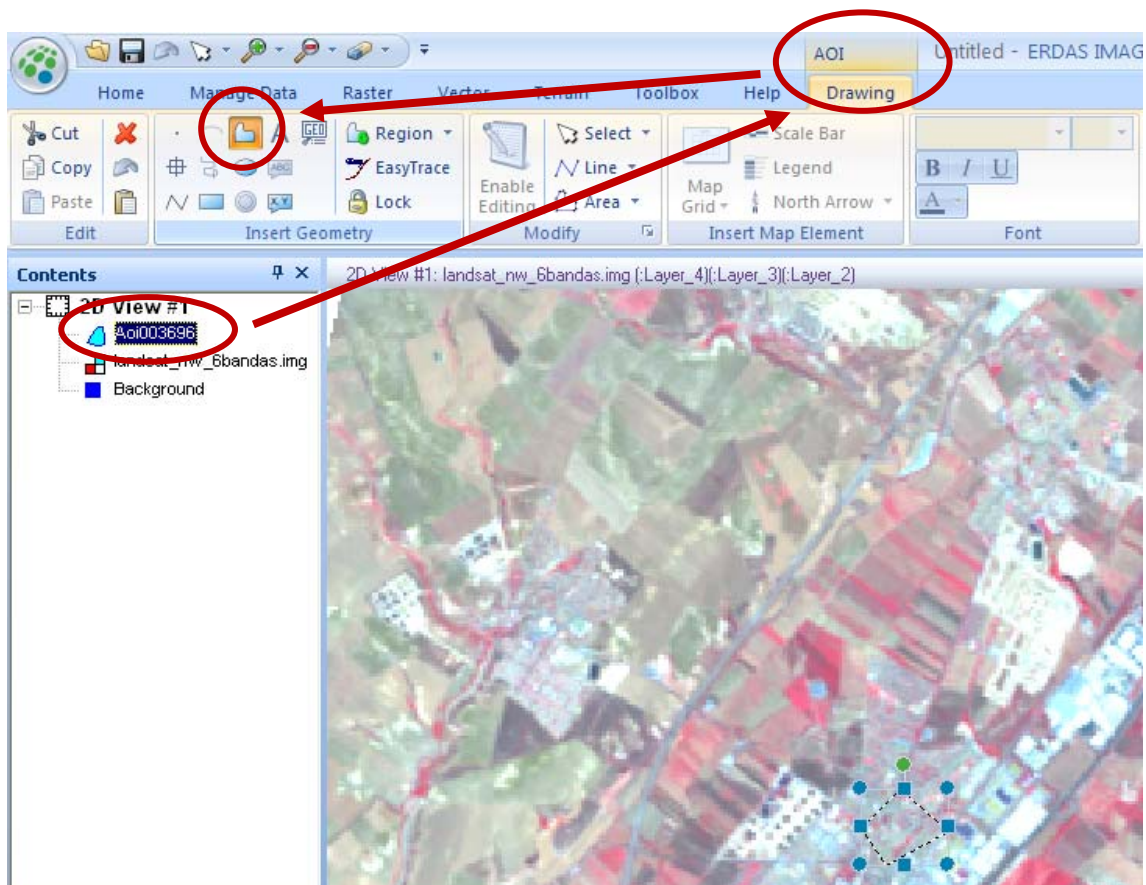
Abrimos la herramienta para crear AOI desde el menú **Application–New** del visor



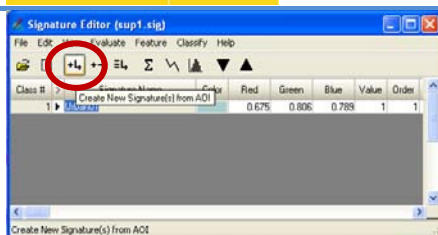
y el editor de firmas desde **Raster-Supervised– Signature Editor**:




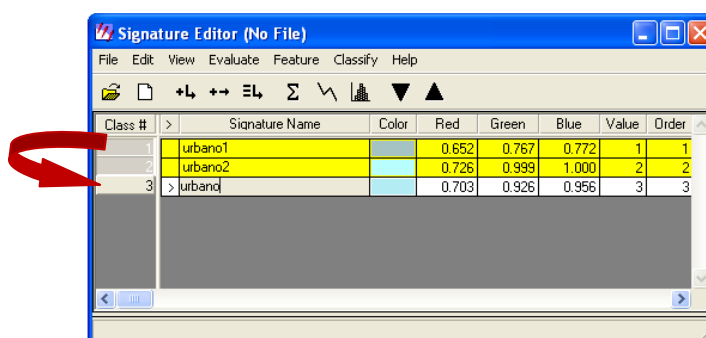
Con la herramienta **Polygon**  del menú **Drawing** iremos digitalizando las áreas de entrenamiento para luego añadirlas al editor de firmas con la herramienta de **Create New Signature from AOI** .










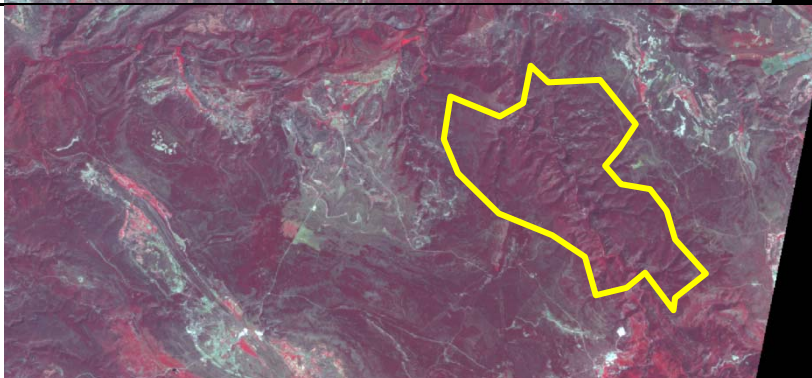
Podemos digitalizar tantas áreas para cada clase como queramos y luego agruparlas en una sola clase utilizando la herramienta **Merge Selected Signatures** , que nos permite unir las firmas que tengamos seleccionadas en una sola:





De esta forma iremos recolectando firmas que recojan la variabilidad de cada una de las clases que queremos obtener. Una vez creada la firma general de cada clase conviene borrar las anteriores antes de pasar a la siguiente clase, para no crear confusión.

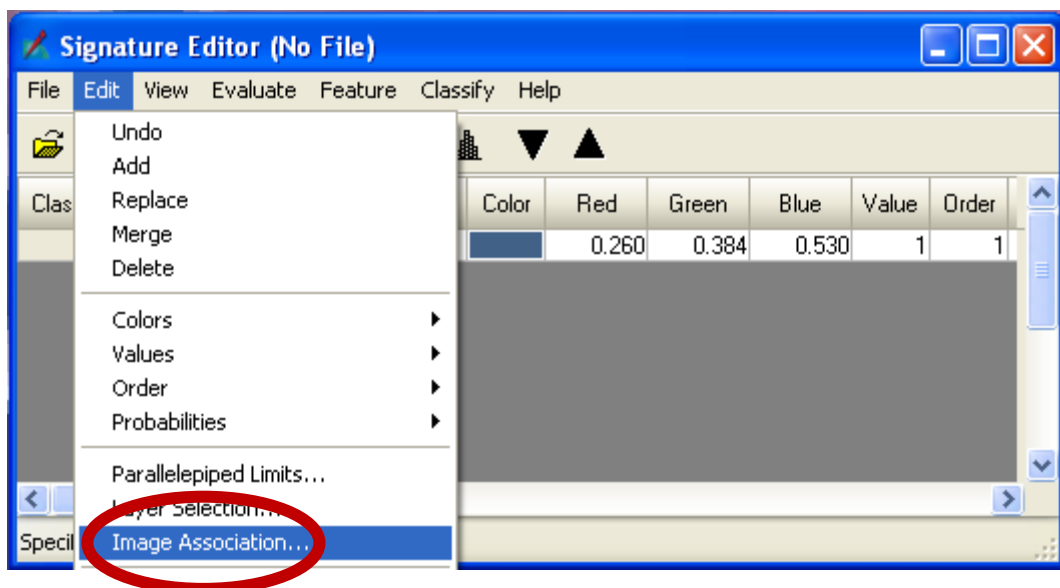
Como apoyo para la identificación de las diferentes cubiertas puedes utilizar la tabla que tienes a continuación:

| Área de entrenamiento  | Clase                  |
|--|------------------------|
|  | 1 – Zonas artificiales |

| Área de entrenamiento  | Clase                   |
|--|-------------------------|
|    | 2 – Cultivos de secano  |
|    | 3 – Cultivos de regadío |
|   | 4 – Vegetación 1        |
|  | 5 – Vegetación 2        |

| Área de entrenamiento  | Clase            |
|--|------------------|
|  | 6 – Vegetación 3 |
|  | 7 – Agua         |

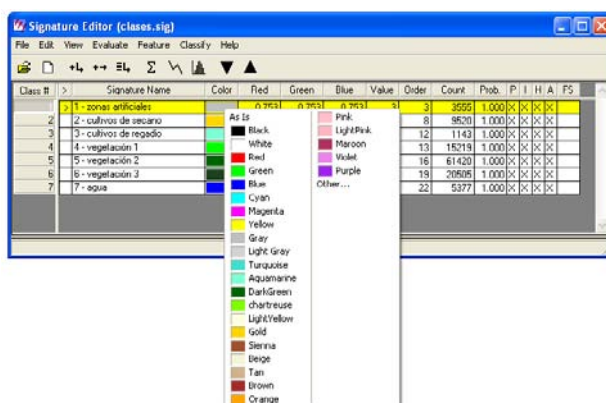
Mientras vamos recogiendo las áreas de entrenamiento conviene ir guardando el archivo de firmas espectrales, que tendrá la extensión .sig. Desde el menú **Signature Editor File – Save** guardamos en la carpeta de resultados con el nombre *clases.sig*. También conviene asociar nuestro archivo de firmas espectrales a la imagen en la que estamos trabajando desde el menú **Signature Editor Edit – Image association**.





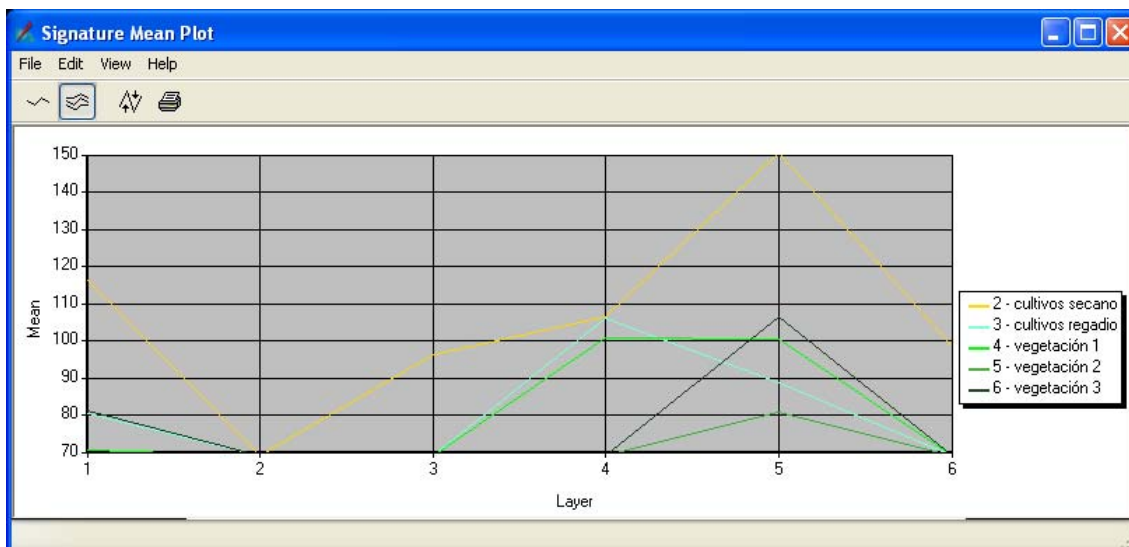


Una vez hemos recolectado suficientes áreas de entrenamiento vamos a evaluar su adecuación, analizando el comportamiento espectral de las cubiertas que forman cada clase.

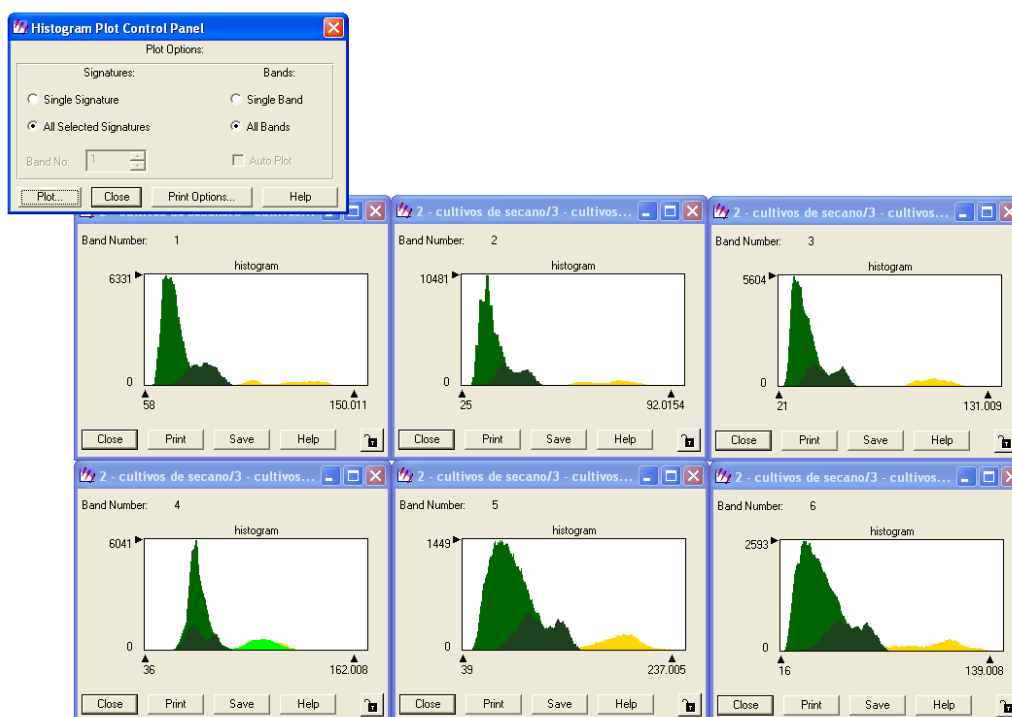
Antes de comenzar y antes de pasar a la fase de asignación conviene adjudicar a clase un color que nos permita identificarla con facilidad evitando, eso sí, colores demasiado chillones, porque la imagen clasificada que vamos a generar a continuación tendrá esos colores. Seleccionando la fila correspondiente y haciendo clic sobre el color podemos cambiarlo:



Una vez elegidos los colores podemos evaluar de varias maneras la adecuación de nuestras áreas de entrenamiento. Para hacerlo de forma visual contamos con dos herramientas básicas; la edición de gráficos de medias  y de histogramas para cada banda . Seleccionamos las clases que queramos revisar y mostramos los gráficos de medias para ver si responden a las firmas espectrales que podemos esperar de cada cubierta y los histogramas para ver cuánto se solapan. Hacemos la prueba con las dos clases de cultivos y las tres de vegetación:



Las firmas espectrales parecen corresponderse con lo que podíamos esperar de cada cubierta, aunque *a priori* parece que podríamos tener problemas en la discriminación de algunas clases como son el regadío de la vegetación 1, de frondosas o los tipos 2 y 3 de vegetación.



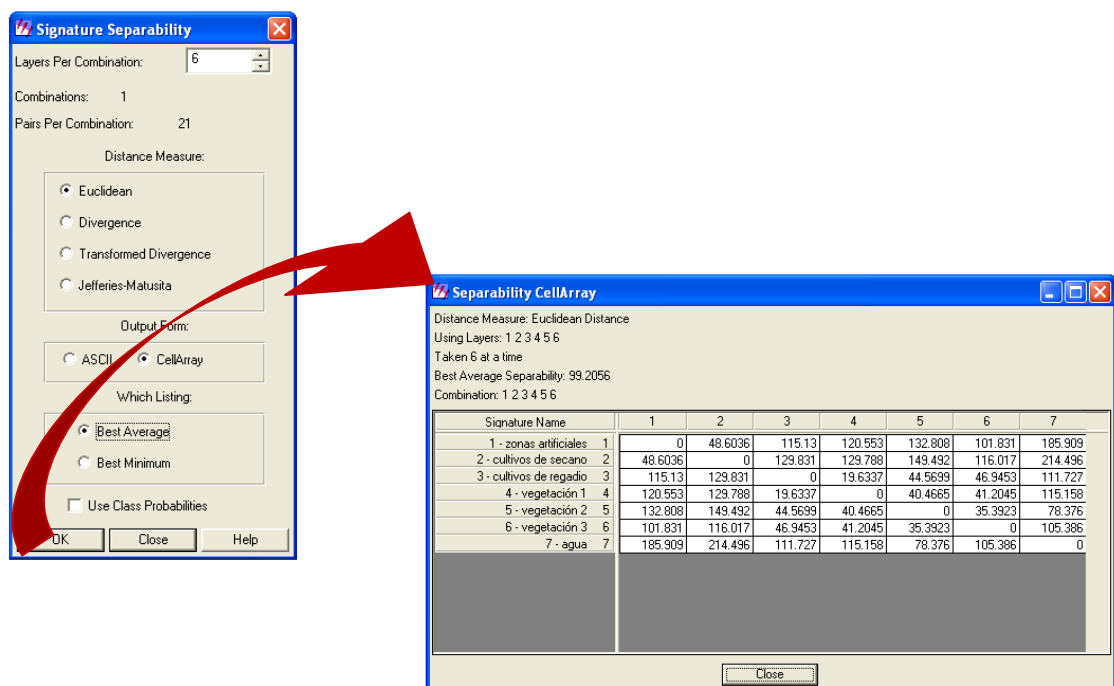
En los histogramas vemos cómo cada clase se podrá discriminar mejor en las bandas en las que no se solape con otras. Así la clase de “vegetación 1”, que hemos representado en verde clarito, sólo se identifica claramente en el infrarrojo cercano, confundiéndose con las otras clases de vegetación en el resto de bandas. El comportamiento claramente bimodal de la clase de “vegetación 3” puede resultar indicativo de la inclusión de cubiertas con diferente comportamiento espectral en una misma clase.

Las conclusiones de este análisis gráfico de las áreas de entrenamiento nos pueden llevar a volver a tomar algunas clases especialmente o a descartar por completo la leyenda propuesta por no ajustarse a las condiciones de la imagen y a las clases espectrales presentes en ella. Los problemas identificados también nos permiten proponer soluciones como pueda ser aplicar un descriptor textural a la hora de diferenciar las zonas de regadío de las de vegetación frondosa.



La separabilidad entre clases puede ser evaluada de forma numérica. Accedemos a esta opción desde el menú **Evaluate – Separability**, dentro de la herramienta del **Signature Editor**.

El cuadro de diálogo que se abre a continuación nos ofrece una serie de posibilidades. Básicamente podemos analizar la separabilidad en función de la distancia euclidiana entre clases o de su divergencia estadística, que mide el solape entre categorías. El posible problema del método de divergencia estadística es que asume una distribución normal de las clases, lo que no siempre ocurre, como acabamos de ver en los histogramas. Elegimos por lo tanto la opción de distancia euclidiana y le pedimos que nos muestre en forma de **Cellarray** la media, seleccionando la opción **Best Average**:



Esto nos permite identificar qué clases están más próximas espectralmente y pueden crear confusión a la hora de realizar la clasificación.

Una vez aceptadas las áreas de entrenamiento vamos a clasificar la imagen. Antes de este último paso conviene restablecer el orden de las clases, que se ha visto alterado al ir creando áreas de entrenamiento y juntándolas, para evitar confusiones con el valor de las celdas en la imagen clasificada. Desde el menú **Edit** del **Signature Editor**

Signature Editor (clases.sig)

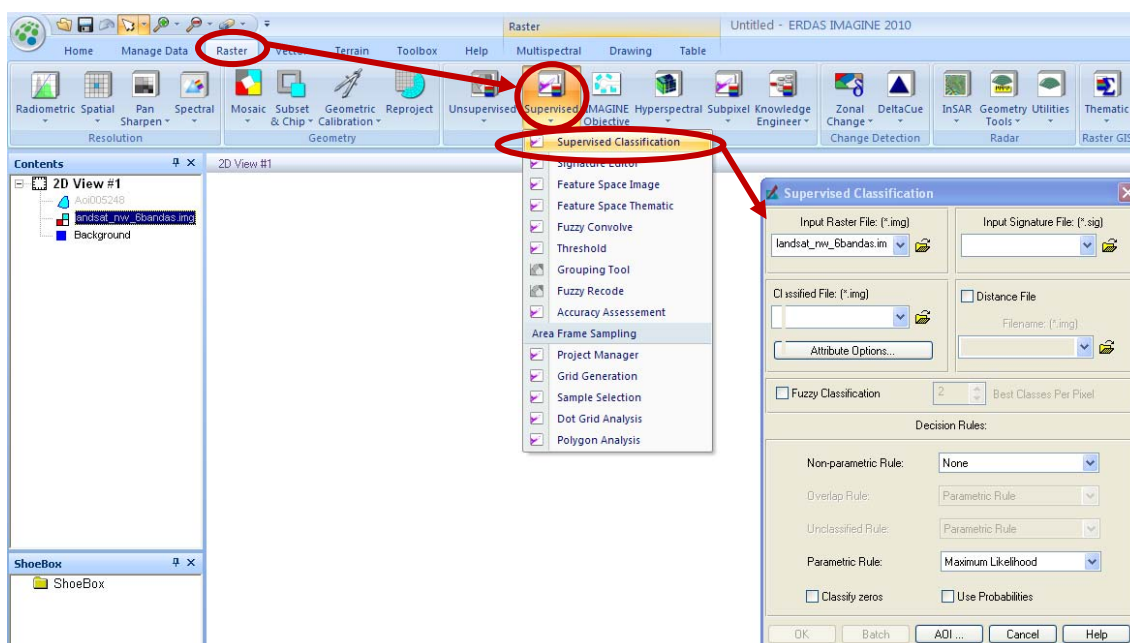
File Edit View Evaluate Feature Classify Help

| Class # | Signature Name          | Color | Red   | Green | Blue  | Value | Count | Prob. | P     | I | H | A | FS |
|---------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|----|
| 1       | 1 - zonas artificiales  |       | 0.753 | 0.753 | 0.753 | 1     | 1     | 3555  | 1.000 | X | X | X |    |
| 2       | 2 - cultivos de secano  |       | 1.000 | 0.843 | 0.000 | 2     | 2     | 9520  | 1.000 | X | X | X |    |
| 3       | 3 - cultivos de regadío |       | 0.498 | 1.000 | 0.831 | 3     | 3     | 1143  | 1.000 | X | X | X |    |
| 4       | 4 - vegetación 1        |       | 0.000 | 1.000 | 0.000 | 4     | 4     | 15219 | 1.000 | X | X | X |    |
| 5       | 5 - vegetación 2        |       | 0.000 | 0.392 | 0.000 | 5     | 5     | 61420 | 1.000 | X | X | X |    |
| 6       | 6 - vegetación 3        |       | 0.120 | 0.260 | 0.128 | 6     | 6     | 20505 | 1.000 | X | X | X |    |
| 7       | 7 - agua                |       | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 7     | 7     | 5377  | 1.000 | X | X | X |    |

elegimos **Values – reset** y **Order – reset**. Vemos cómo las columnas de Order y Values, que antes se encontraban desordenadas, se han organizado de forma correlativa:

Cerramos el **Signature Editor**.

Desde el menú **Classifier – Supervised Classification** accedemos al cuadro de diálogo para la fase de asignación. Tenemos que especificar la imagen de entrada, *landsat\_nw\_6bandas.img* y el archivo de firmas espectrales que acabamos de crear: *clases.img*. La imagen de salida la guardamos en la carpeta de resultados con el nombre *clas\_sup.img*:



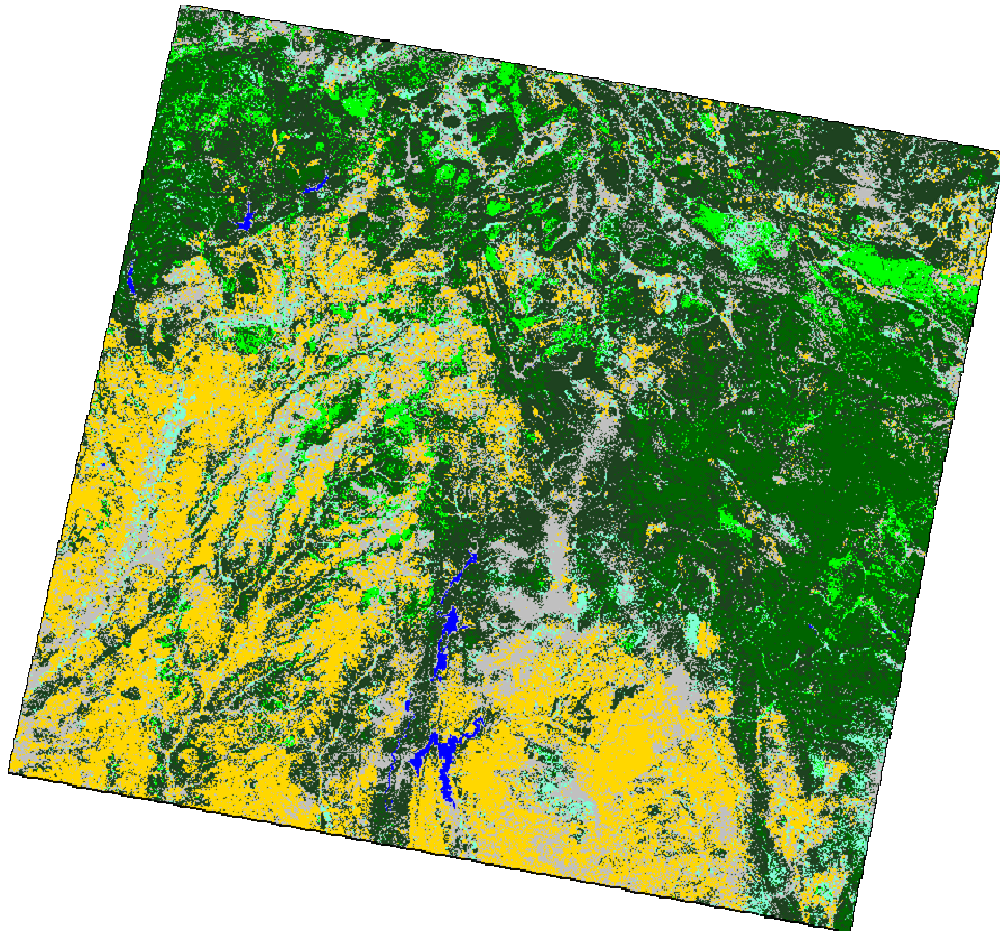
Este es el momento en el que debemos elegir el método a utilizar en la fase de asignación. Las reglas no paramétricas son en las que no se tiene en cuenta la distribución de los valores de las áreas de entrenamiento, sólo su posición en el espacio  $n$ -dimensional que forman las  $n$  bandas de una imagen. Si seleccionamos la opción de paralelepípedos, por ejemplo, como regla no paramétrica se nos activarán las dos casillas inferiores para especificar qué hacer con los píxeles que no entren dentro de los límites de los paralelepípedos (**Unclassified Rule**) y con aquéllos que caigan dentro de los límites de varios paralelepípedos (**Overlap Rule**).


Para nuestra imagen no vamos a seleccionar ninguna regla no paramétrica, sino la regla paramétrica de máxima probabilidad, dejando la opción **Maximum Likelihood** en la casilla **Parametric Rule**.

Seleccionando la casilla **Fuzzy classification** obtendremos varias clases de asignación para cada píxel, en función de la probabilidad de pertenencia a cada una. Verificamos esta opción y elegimos que nos obtenga las 2 mejores clases.

Y por último, tenemos la opción de generar una imagen de distancia, es decir, una imagen en la que el valor de cada píxel indica la distancia euclidiana al centro de su clase de pertenencia.

Una vez seleccionadas las opciones aceptamos y comienza el proceso de asignación. Cuando finalice vamos a visualizar el resultado en un visor junto con la imagen original para controlar el resultado. Al abrir la imagen, que tendrá dos bandas, seleccionamos la opción **Display as Pseudo Color** desde la pestaña de **Raster options**, y elegimos que nos represente la banda 1:



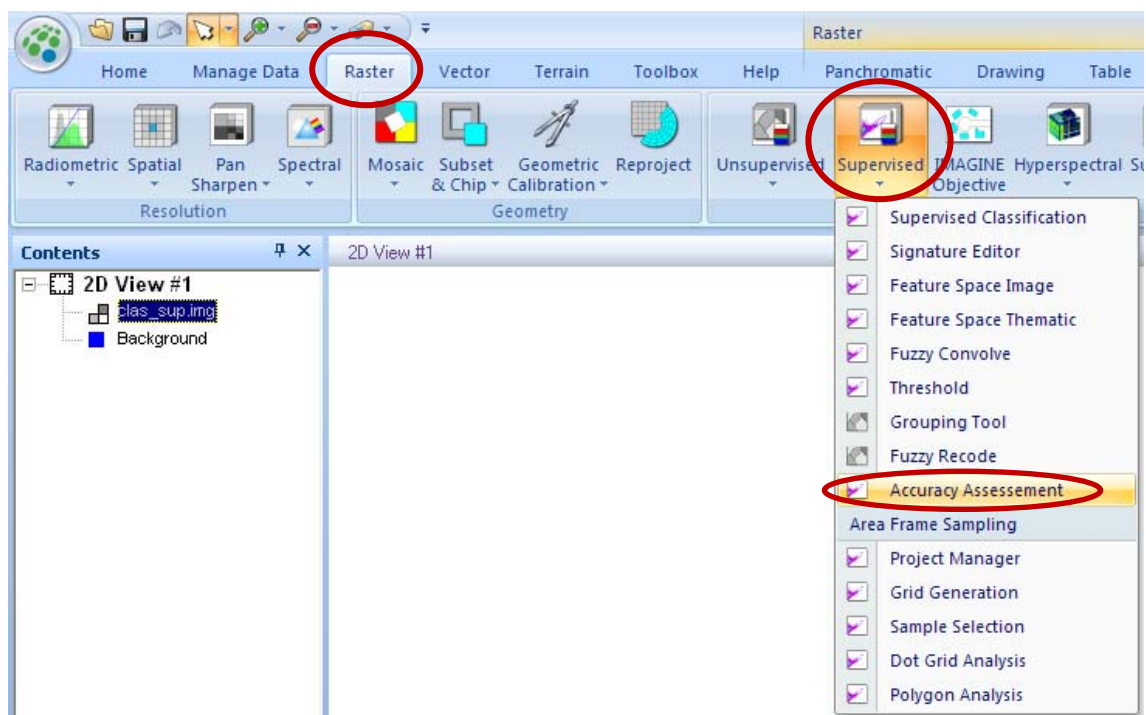
Utilizando la herramienta **Inquire cursor**  podemos examinar las zonas que conocemos de la imagen para evaluar de forma visual el resultado de la clasificación.

## Práctica 8.3: Matriz de confusión.

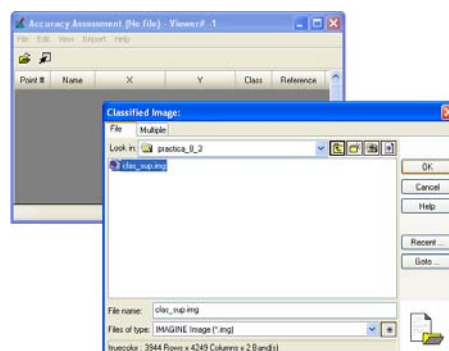
### Práctica 8.3.1

El objetivo de esta práctica es aplicar la matriz de confusión sobre la clasificación supervisada para comprobar su grado de fiabilidad.

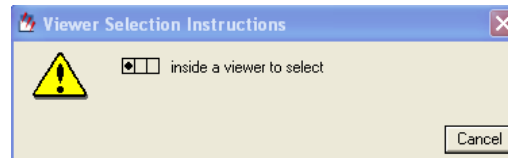
1. Abre un **Viewer** y carga la imagen clasificada mediante el método supervisado.
2. Desde el panel **Raster** abre la pestaña Supervised y selecciona la herramienta **Accuracy Assessment**.



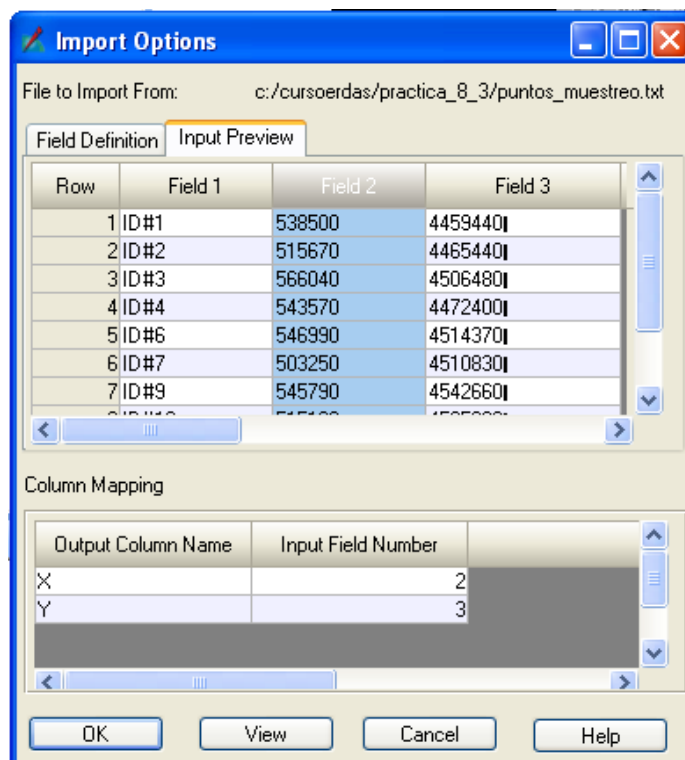
3. En la ventana del **Accuracy Assessment** selecciona la opción **Open** desde el menú **File**, navega hasta la carpeta donde tienes la imagen clasificada y pulsa **Ok**.



- Desde el menú **View** selecciona **Select Viewer**. Te aparecerá una ventana indicándote que tienes que pulsar dentro del visor en el que tienes cargada la imagen. Hazlo y regresa a la ventana del **Accuracy Assessment**.



- A través del menú **Edit/Import Used-defined Points** navegamos hasta nuestra carpeta de prácticas y localizamos el archivo “puntos\_muestreo.txt” que contiene una muestra de 40 puntos escogidos aleatoriamente sobre la imagen clasificada. En las opciones de importación tenemos que indicar el campo para las coordenadas X e Y, que será el 2 y 3, respectivamente. Si tienes dudas puedes consultar la pestaña **Input Preview** y cerciorarte del orden.



- Para obtener el valor de clase para cada punto hay que ir al menú **Edit/Show Class Values**. Muestra el valor sobre la imagen clasificada.
- Debemos completar la tabla con el valor de referencia para cada punto, es decir, el valor que tiene sobre nuestra “realidad terreno” (en este caso sobre el CORINE). Este valor hay que introducirlo. En la carpeta de prácticas existe un

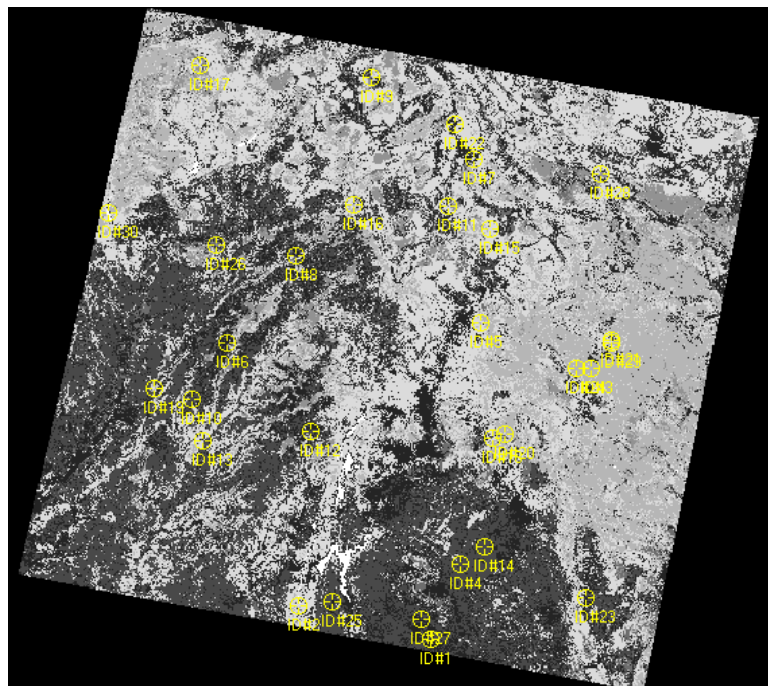


archivo de Excel llamado “puntos\_valor\_corine” en el que se recoge el valor de referencia (aparece en la última columna). Copia y pega los datos en el campo correspondiente del **Accuracy Assessment**.

8. Los datos correctamente insertados son los que aparecen en la siguiente captura de pantalla:

| Point #  | Name                    | X          | Y           | Class | Reference |
|----------|-------------------------|------------|-------------|-------|-----------|
| 6 ID#6   |                         | 503250.000 | 4510830.000 | 3     | 2         |
| 7 ID#7   |                         | 545790.000 | 4542660.000 | 6     | 2         |
| 8 ID#8   |                         | 515160.000 | 4525860.000 | 2     | 6         |
| 9 ID#9   |                         | 528180.000 | 4556760.000 | 3     | 2         |
| 10 ID#10 |                         | 497400.000 | 4501140.000 | 2     | 2         |
| 11 ID#11 |                         | 541350.000 | 4534440.000 | 6     | 6         |
| 12 ID#12 |                         | 517830.000 | 4495440.000 | 2     | 2         |
| 13 ID#13 |                         | 499260.000 | 4493820.000 | 6     | 6         |
| 14 ID#14 |                         | 547590.000 | 4475610.000 | 2     | 2         |
| 15 ID#15 |                         | 548520.000 | 4530390.000 | 6     | 6         |
| 16 ID#16 |                         | 525060.000 | 4534590.000 | 6     | 4         |
| 17 ID#17 |                         | 498630.000 | 4558710.000 | 5     | 6         |
| 18 ID#18 |                         | 549000.000 | 4494330.000 | 6     | 6         |
| 19 ID#19 |                         | 490830.000 | 4502970.000 | 6     | 6         |
| 20 ID#20 |                         | 551190.000 | 4494930.000 | 6     | 6         |
| 21 ID#21 |                         | 569520.000 | 4511250.000 | 5     | 5         |
| 22 ID#22 |                         | 542640.000 | 4540630.000 | 1     | 2         |
| 23 ID#23 | Table of random points. |            |             | 1     | 2         |
| 24 ID#24 |                         | 563490.000 | 4506330.000 | 5     | 5         |
| 25 ID#25 |                         | 521550.000 | 4465980.000 | 1     | 2         |
| 26 ID#26 |                         | 501570.000 | 4527750.000 | 4     | 4         |
| 27 ID#27 |                         | 536850.000 | 4462980.000 | 1     | 2         |
| 28 ID#28 |                         | 567600.000 | 4540020.000 | 4     | 4         |
| 29 ID#29 |                         | 569430.000 | 4510770.000 | 5     | 5         |
| 30 ID#30 |                         | 482880.000 | 4533210.000 | 7     | 7         |

9. Para visualizar los puntos de muestreo sobre la imagen sobre el **Viewer** vamos al menú **View/Show All**. Aparecen en color amarillo para indicar que se ha completado la tabla. Las opciones de visualización de la tabla se controlan desde el menú **View/Change Colors**.



10. En la opción **Report/Options** vamos a comprobar que están seleccionadas el **Error Matrix**, **Accuracy Totals** y **Kappa Statistics**.

11. Finalmente tenemos que calcular la matriz de confusión a través de **Report/Accuracy Report**. Desplegándose un editor de texto con el resultado del análisis. En el archivo generado aparece en primer lugar la matriz de confusión, a continuación las estadísticas de fiabilidad (usuario y productor) y, finalmente, el estadístico *Kappa*. Puedes guardar este informe en tu carpeta de prácticas.

```

ERROR MATRIX
-----
Classified Data  Unclassifi
-----
1 - zonas artif  0
2 - cultivos de  0
3 - cultivos de  0
4 - vegetación  0
5 - vegetación  0
6 - vegetación  0
7 - agua        0
Column Total    0

Reference Data
-----
1 - zonas  2 - cultiv  3 - cultiv
-----
0          0          0
0          4          0
0          5          0
0          2          0
0          0          0
0          0          0
0          1          0
0          0          0
Column Total 12      0

Reference Data
-----
4 - vegeta  5 - vegeta  6 - vegeta  7 - agua
-----
0          0          0          0
0          1          0          0
0          0          1          0
0          0          0          0
2          0          0          0
0          4          1          0
1          1          6          0
0          0          0          1
Column Total 3        6        8        1

----- End of Error Matrix -----

ACCURACY TOTALS
-----
Class Name  Reference Totals  Classified Totals  Number Correct  Producers Accuracy  Users Accuracy
-----
Unclassified  0          0          0          ---          ---
1 - zonas artif  0          5          0          ---          ---
2 - cultivos de 12          6          5          41.67%       83.33%
3 - cultivos de 0          2          0          ---          ---
4 - vegetación  3          2          2          66.67%       100.00%
5 - vegetación  6          5          4          66.67%       80.00%
6 - vegetación  8          9          6          75.00%       66.67%
7 - agua        1          1          1          100.00%      100.00%
Totals        30          30          18

Overall Classification Accuracy = 60.00%

----- End of Accuracy Totals -----

KAPPA (K^2) STATISTICS
-----
Overall Kappa Statistics = 0.4993
Conditional Kappa for each Category.
-----
Class Name  Kappa
-----
Unclassified  0.0000
1 - zonas artificiales  0.0000
2 - cultivos de secano  0.7222
3 - cultivos de regadio  0.0000
4 - vegetación 1  1.0000
5 - vegetación 2  0.7500
6 - vegetación 3  0.5455
7 - agua        1.0000

----- End of Kappa Statistics -----

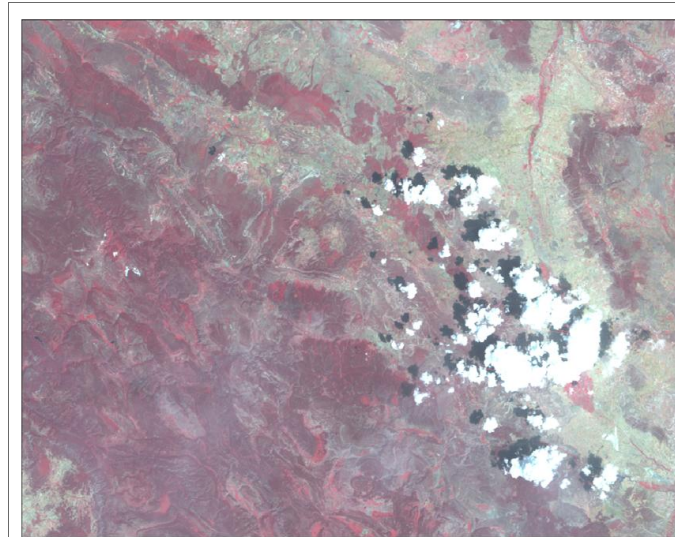
```

12. Desde el menú **Save/Table** guardamos los datos de la matriz. Quedarán almacenados en el archivo img de la imagen clasificadas.
13. Cerramos el **Accuracy Assessment**.

## Práctica 8.4: Knowledge Engineer

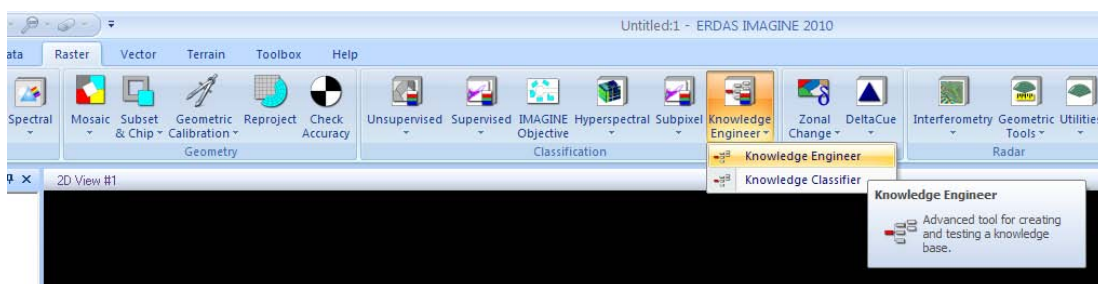
Esta herramienta se puede utilizar para realizar clasificaciones de “árbol de decisiones”. Vamos a ver un ejemplo sencillo para comenzar.

Desde la carpeta *practica8\_4\nubes* abre la imagen *landsat5\_nubes.img*:




Como ves es un recorte de la escena landsat completa, de una zona en la que hay nubes. La práctica va a consistir en crear una máscara de esas nubes. Para ello contamos con el *NDVI*, que encontrarás en la misma carpeta. Los píxeles con valores cercanos a 0 en el *NDVI* se corresponden con las nubes. En este caso, si identificas los valores de las nubes sobre el *NDVI* verás que oscilan más o menos entre -0,07 y 0,01.

Vamos a trabajar desde el Knowledge Engineer, al que accedemos desde la pestaña **Raster – Knowledge Engineer**:




Esta herramienta nos permite realizar una clasificación mediante la toma de decisiones en árbol. Se basa en el manejo de tres elementos: hipótesis (**hypothesis**), reglas (**rules**) y variables (**variables**).

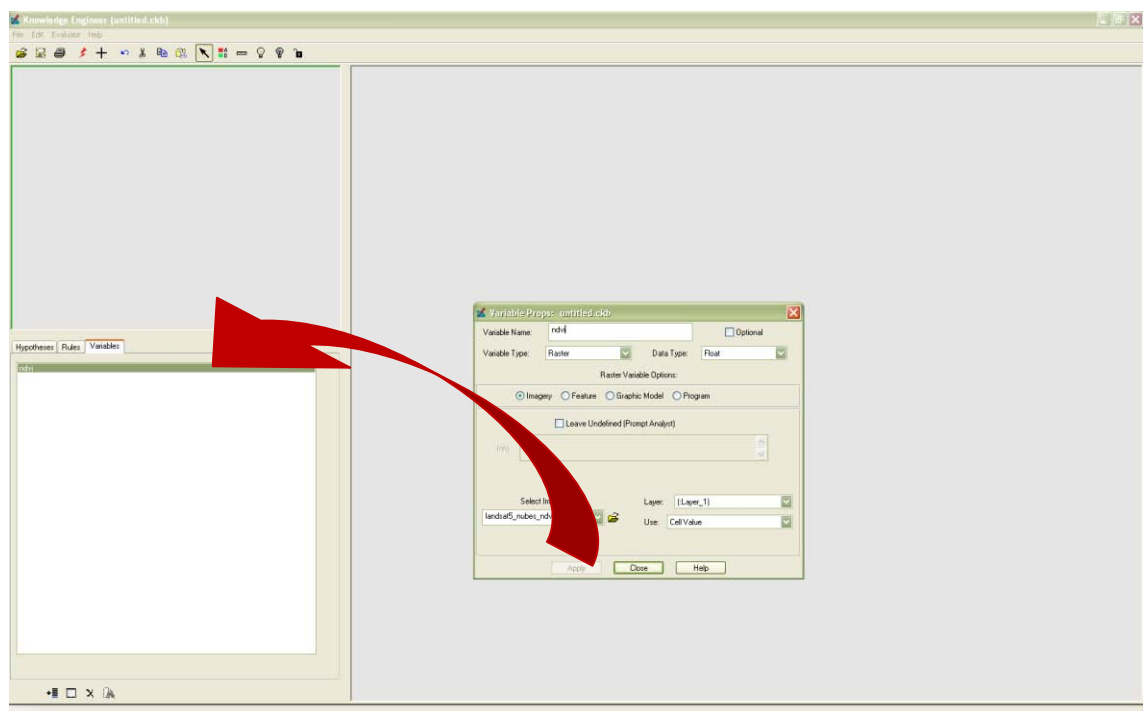
Las variables son la información de entrada al modelo, en nuestro caso sólo el *NDVI*, ya que en función de sus valores vamos a decidir cuáles son nubes y cuáles no.


Lo primero que vamos a hacer es salvar el proyecto en la carpeta de resultados de esta práctica con el nombre *mascara.ckb* (.ckb es la extensión propia de este módulo). Por ser la primera vez que guardamos el proyecto hay que hacerlo desde el menú **File – Save as**, el resto de ocasiones podremos ir guardando los cambios desde .

Las hipótesis serán el resultado final de las decisiones que vayamos especificando a lo largo del proceso, es decir, las clases del nuevo documento temático que vamos a crear, y también los pasos intermedios. En nuestro caso sólo necesitamos dos clases de salida para crear una máscara: “nubes” y “resto”.

Por último, las reglas son el conjunto de condiciones que unen, en una secuencia lógica, las variables de entrada con las hipótesis de salida.

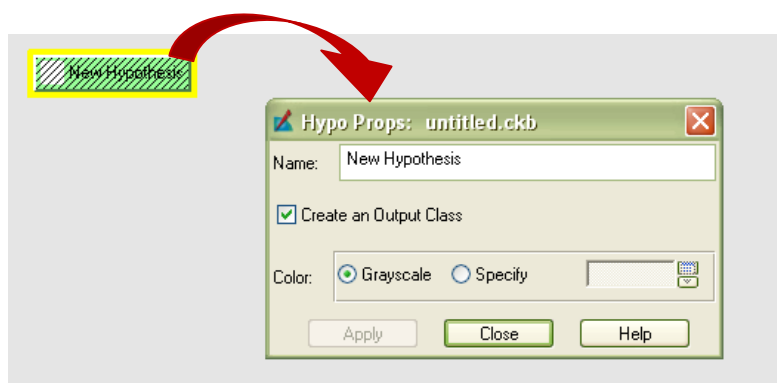
Comenzaremos por introducir todas las variables. Desde la zona inferior izquierda hacemos clic en la pestaña **Variables** y a continuación en la opción **Add new item to list** . En la ventana que se abre tenemos que especificar el nombre que tendrá la variable (*ndvi*), el tipo de datos (*raster*), la imagen de origen (*landsat\_nubes\_ndvi.img*) y la banda a usar, que será la 1. Al pulsar el botón de **Apply** vemos cómo ya se ha añadido una variable nueva:




Una vez introducidas las variables creamos las hipótesis haciendo clic en  y clic de nuevo en el lienzo que ocupa la zona derecha de la ventana. Aparecerá un rectángulo con la nueva hipótesis, pinchando en el lienzo que ocupa la zona derecha de la

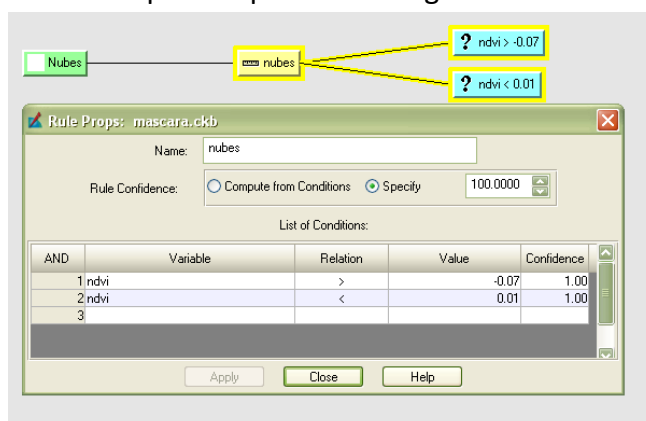


ventana. Haciendo doble clic en el rectángulo podemos darle un nombre a la hipótesis, especificar si queremos que se convierta en clase de salida y proporcionarle un color:



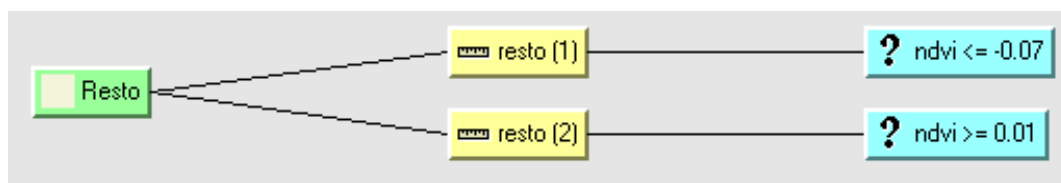
De esta forma introducimos las dos hipótesis de salida: *nubes* y *resto*.

El siguiente paso consiste en ligar la variable de entrada con las hipótesis de salida en función de unas reglas. Seleccionando la herramienta **Create rule**  desplazamos el cursor hasta la hipótesis que hemos denominado *nubes* y hacemos clic. Aparecerá un nuevo recuadro enlazado con el anterior; pulsando dos veces en él podremos empezar a especificar las condiciones que compondrán la regla:

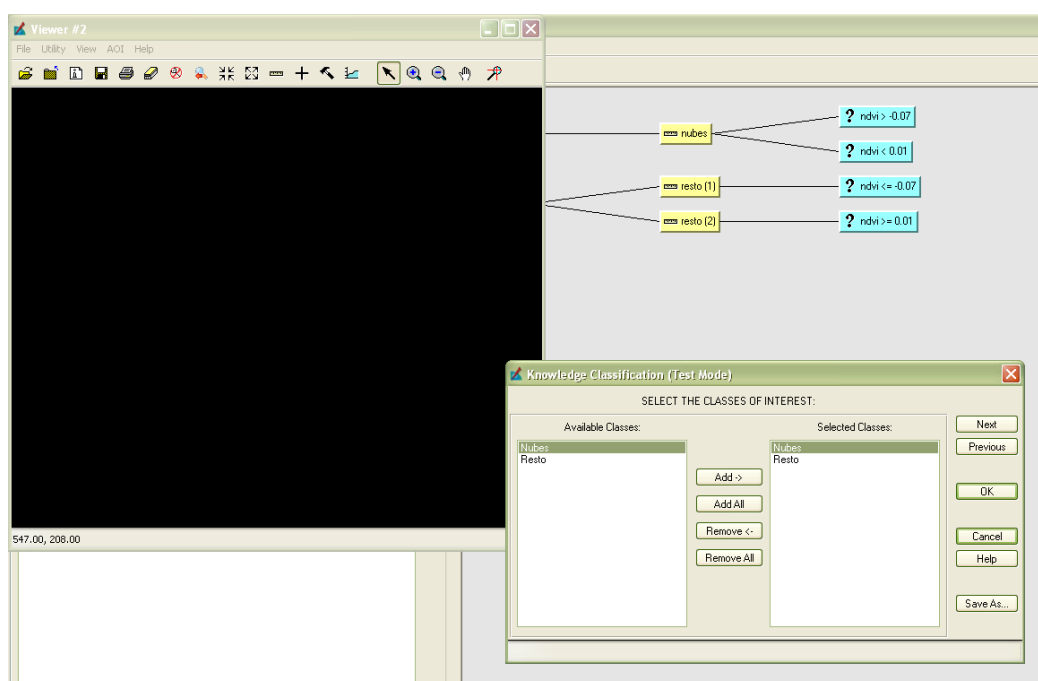


Las condiciones para asignar un píxel a la clase *nubes* será que su valor de NDVI se encuentre entre -0,07 y 0,01, como puedes ver en la imagen. Las condiciones que establecemos dentro de una misma regla se unen mediante el operador lógico AND. Ya que queremos que nuestra regla se cumpla en cualquier caso, le otorgamos el mayor valor de confianza, 100.

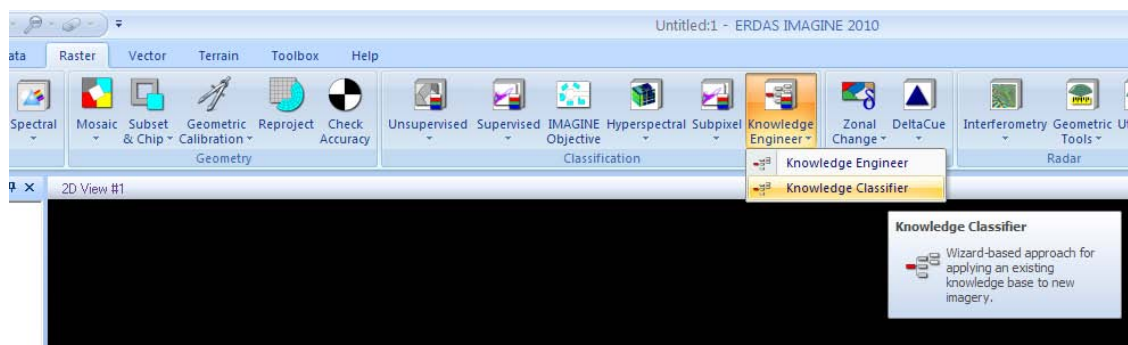
Para la clase *resto* tendremos que especificar dos reglas distintas: una para los píxeles con valor inferior a -0,07 y otra para los píxeles con valor superior a 0,01, puesto que si estableciéramos las dos condiciones sobre una misma regla quedarían unidas por el operador AND y ningún píxel cumpliría la regla:



Antes de pasar a realizar la clasificación definitiva podemos revisar el funcionamiento de nuestras reglas en conjunto o según las vayamos creando mediante el botón **Run Test Classification** ⚡, que nos permite comprobar todas las hipótesis o seleccionar las que queramos, sólo para visualizar el resultado en una ventana, sin generar aún el documento definitivo:



Cuando estemos conformes con la clasificación, salvamos los cambios en el archivo *mascara.ckb* y cerramos la ventana del **Knowledge Engineer**. Haremos la clasificación desde el menú **Raster – Knowledge Classifier**:



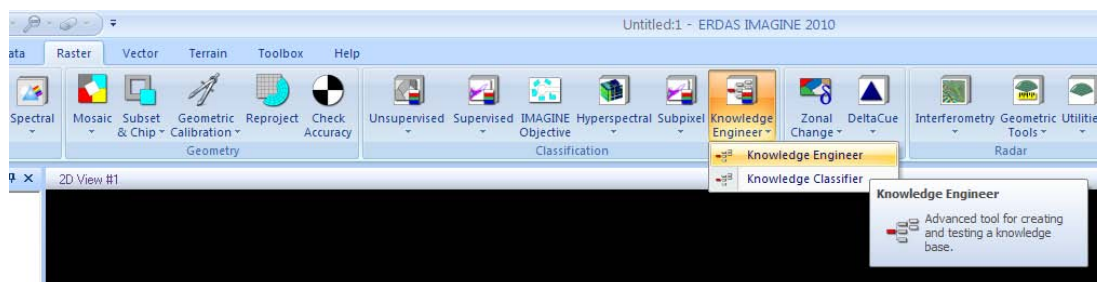
Seleccionamos el archivo que acabamos de salvar y pulsamos **Next** para definir qué clases queremos crear y otra vez **Next** para especificar el archivo de salida, que vamos guardar en la carpeta de resultados con el nombre de *mascara.img*:



Una vez terminado abre en ERDAS la imagen landsat original y la máscara para evaluar el resultado. Ayúdate con la opción **Blend**.

## Práctica 8.4 extra: Knowledge Engineer

Hemos visto anteriormente cómo a través del proceso de clasificación supervisada obteníamos un resultado problemático, especialmente en el caso de la categoría 1 – zonas artificiales. Vamos a intentar solventarlo mediante el uso de otra herramienta de ERDAS, a la que accedemos desde la pestaña **Raster – Knowledge Engineer**:




El objetivo es reclasificar las zonas clasificadas originalmente como zonas artificiales que se encuentren fuera de la delimitación de zonas artificiales del CORINE a la segunda clase más probable de la clasificación supervisada borrosa que realizamos en la anterior práctica.

Esta herramienta nos permite realizar una clasificación (reclasificación en nuestro caso) mediante la toma de decisiones en árbol. Se basa en el manejo de tres elementos: hipótesis (**hypothesis**), reglas (**rules**) y variables (**variables**).

Las variables son las entradas del modelo, la información con la que contamos, en nuestro caso:


| Variable              | Explicación  |
|-----------------------|--|
| <b>Clasificacion1</b> | La clase más probable para cada píxel asignada en el proceso de clasificación supervisada.         |
| <b>Clasificacion2</b> | La segunda clase más probable para cada píxel asignada en el proceso de clasificación supervisada. |
| <b>Corine</b>         | El Corine2000 reclasificado según las clases que hemos utilizado en la clasificación supervisada.  |

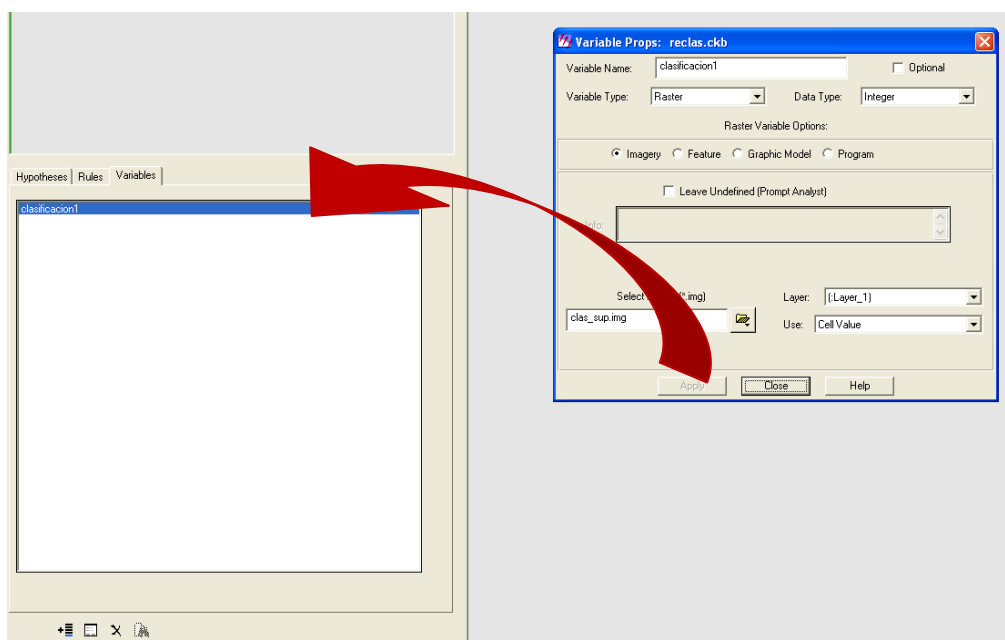
Lo primero que vamos a hacer es salvar el proyecto en la carpeta de resultados de esta práctica con el nombre *reclas.ckb* (.ckb es la extensión propia de este módulo). Por ser la primera vez que guardamos el proyecto hay que hacerlo desde el menú **File – Save as**, el resto de ocasiones podremos ir guardando los cambios desde .

Las hipótesis serán el resultado final de las decisiones que vayamos especificando a lo largo del proceso, es decir, las clases del nuevo documento temático que vamos a crear, y también los pasos intermedios. En nuestro caso vamos a seguir las 7 clases del


documento original, añadiendo una más, que será intermedia, llamada *indefinido*, en la que agruparemos todos los píxeles clasificados como zonas artificiales que se encuentren fuera de las zonas definidas por el Corine.

Por último, las reglas son el conjunto de condiciones que unen, en una secuencia lógica, las variables de entrada con las hipótesis de salida.

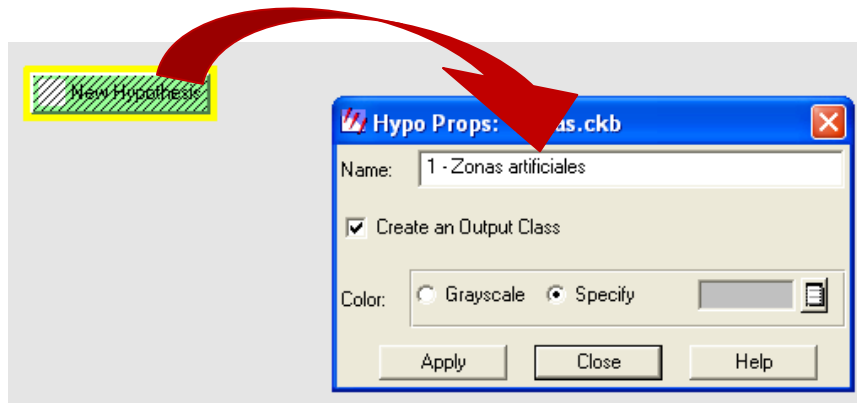
Comenzaremos por introducir todas las variables. Desde la zona inferior izquierda hacemos clic en la pestaña **Variables** y a continuación en la opción **Add new item to list** . En la ventana que se abre tenemos que especificar el nombre que tendrá la variable (*clasificacion1*), el tipo de datos (*raster*), la imagen de origen (*clas\_sup.img*) y la banda a usar, que será la 1. Al pulsar el botón de **Apply** vemos cómo ya se ha añadido una variable nueva:



Realizamos la misma operación para el resto de variables, recordando que *clasificacion2* será la misma imagen *clas\_sup.img* pero con la banda 2 en vez de la uno, por lo que seleccionaremos *Layer\_2* y con el Corine, que es *corine\_reclasificado.img*.

Una vez introducidas las variables creamos las hipótesis haciendo clic en  y clic de nuevo en el lienzo que ocupa la zona derecha de la ventana. Aparecerá un rectángulo con la nueva hipótesis, pinchando en el lienzo que ocupa la zona derecha de la ventana. Haciendo doble clic en el rectángulo podemos darle un nombre a la hipótesis, especificar si queremos que se convierta en clase de salida y proporcionarle un color:




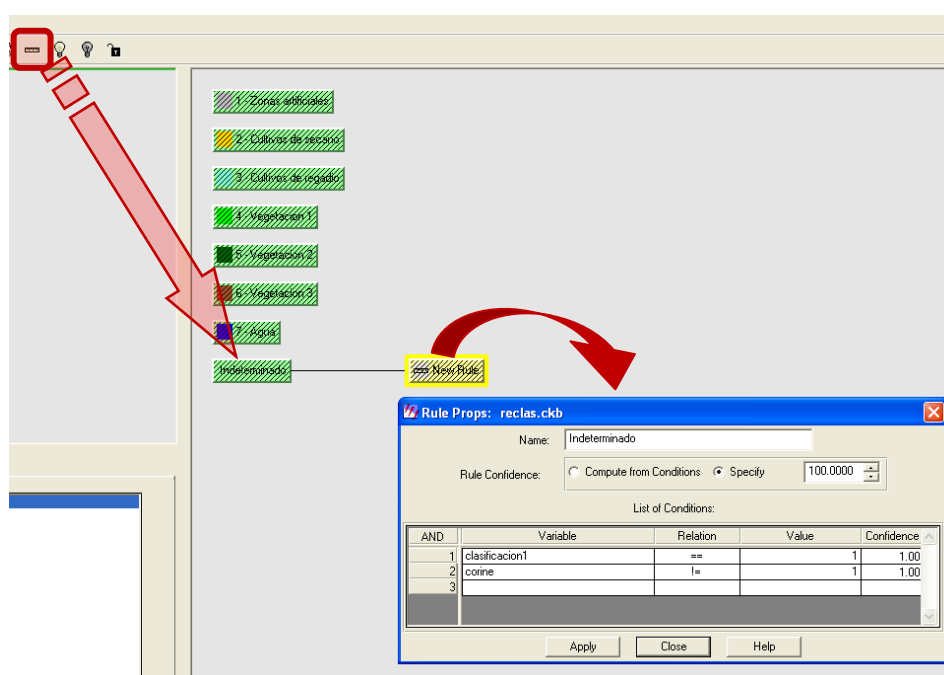


De esta manera vamos a crear las siete hipótesis que se corresponden con las clases de salida. Una vez terminado vamos a crear la hipótesis que nos permitirá reasignar las zonas artificiales mal clasificadas, con el nombre de *Indeterminado* y especificando que no queremos crear una clase de salida, para lo que deseccionamos la opción **Create an Output Class**. Al final tenemos las siete clases más *Indeterminado*:

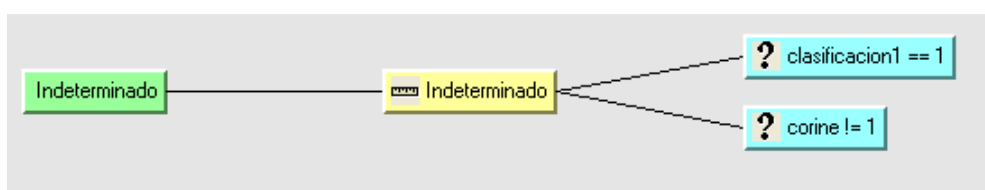


La última parte consiste en implementar las reglas lógicas necesarias para reasignar los píxeles mal clasificados. Lo primero es especificar qué píxeles forman el conjunto de indeterminados y luego ir desglosando, una a una cuáles forman el resto de clases.

Seleccionando la herramienta **Create rule**  desplazamos el cursor hasta la hipótesis que hemos denominado *Indeterminado* y hacemos clic. Aparecerá un nuevo recuadro enlazado con el anterior; pulsando dos veces en él podremos empezar a especificar las condiciones que compondrán la regla:



En este cuadro de diálogo desglosamos las condiciones que se tienen que cumplir para formar la clase de *Indeterminado*: en la variable *clasificacion1* el valor ha de ser igual a 1 (zonas artificiales) y en el Corine distinto de 1 (zonas artificiales – recuerda que el Corine está reclasificado con la misma leyenda que hemos utilizado para la clasificación supervisada -). En el apartado **Rule Confidence** establecemos el máximo, que es 100, ya que estamos creando reglas deterministas. Una vez apliquemos los cambios y cerremos la ventana veremos como tanto la hipótesis como la regla han cambiado de estar desactivadas a estar activadas, indicando las condiciones:



Del mismo modo vamos a especificar qué condiciones se tienen que cumplir para cada hipótesis, que serán las siguientes (acordándonos siempre de establecer el nivel de confianza en 100):

| Hipótesis               | Regla                                       |
|-------------------------|---|
| 1 – Zonas artificiales  | Clasificacion 1 = 1<br>Corine = 1           |
| 2 – Cultivos de secano  | Indeterminado = TRUE<br>Clasificacion 2 = 2 |
| 3 – Cultivos de regadío | Indeterminado = TRUE                        |

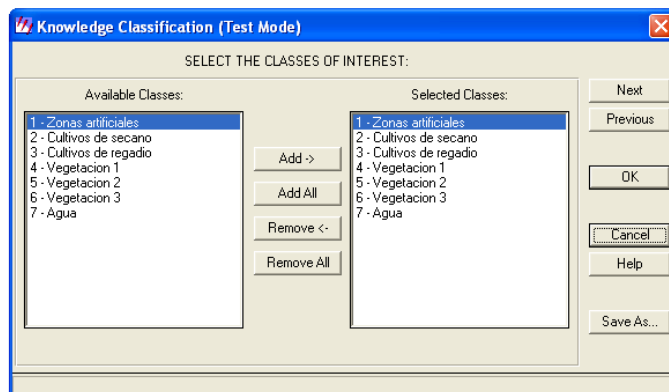
| Hipótesis        | Regla                                       |
|------------------|---|
|                  | Clasificación 2 = 3                         |
| 4 – Vegetacion 1 | Indeterminado = TRUE<br>Clasificación 2 = 4 |
| 5 – Vegetacion 2 | Indeterminado = TRUE<br>Clasificación 2 = 5 |
| 6 – Vegetacion 3 | Indeterminado = TRUE<br>Clasificación 2 = 6 |
| 7 - Agua         | Indeterminado = TRUE<br>Clasificación 2 = 7 |

De esta forma estamos estableciendo para cada una de las zonas artificiales que no se correspondan con el Corine la clase de salida correspondiente en la segunda más probable de la clasificación borrosa.

Pero también tenemos que especificar que todos los píxeles correctamente clasificados en la clase más probable vayan a parar a sus clases respectivas, para lo que estableceremos una segunda regla para cada hipótesis con una única condición: que tengan ése valor en la variable *clasificacion 1*, es decir 2 para los cultivos de secano, 3 para los de regadío, etc. Al final tenemos que conseguir este resultado:

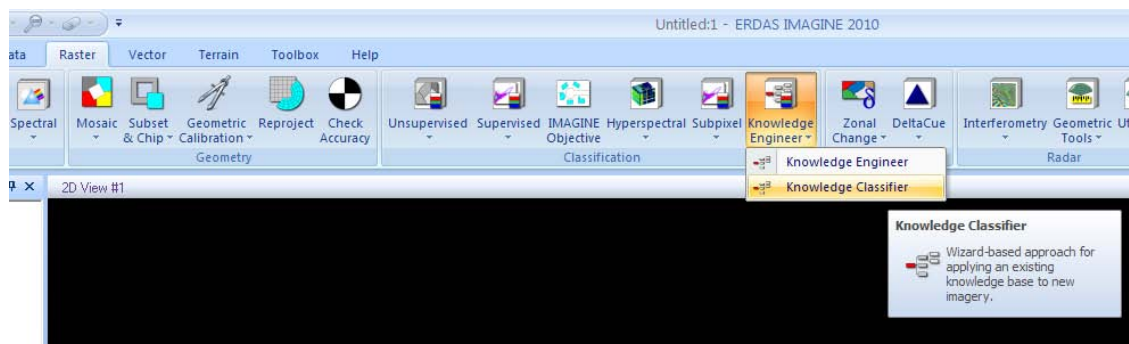


Antes de pasar a realizar la clasificación definitiva podemos revisar el funcionamiento de nuestras reglas en conjunto o según las vayamos creando mediante el botón **Run Test Classification** ⚡, que nos permite comprobar todas las hipótesis o seleccionar las que queramos:

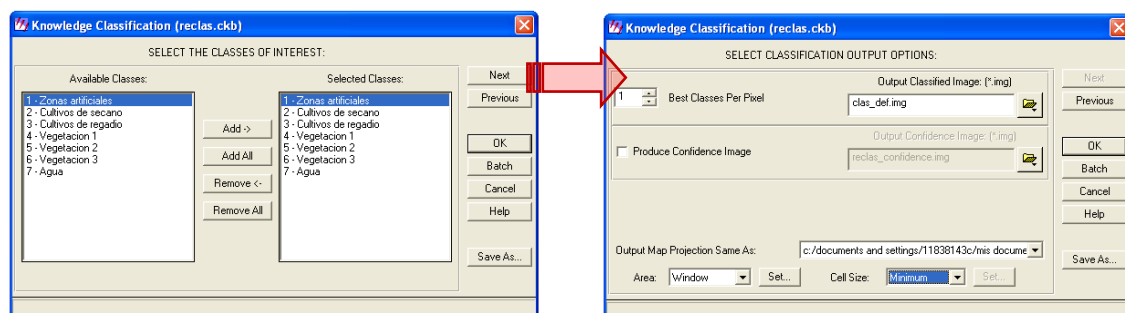


El resultado sólo podremos visualizarlo, pero no se genera aún el documento definitivo.

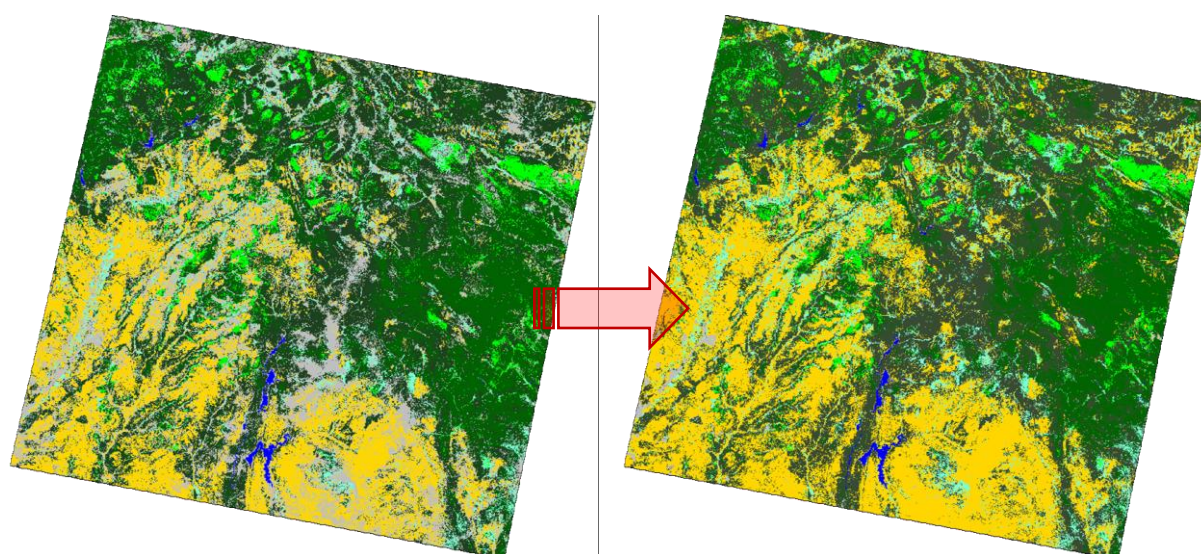
Cuando estemos conformes con la clasificación, salvamos los cambios en el archivo *reclas.ckb* y cerramos la ventana del **Knowledge Engineer**. Haremos la clasificación desde el menú **Raster – Knowledge Classifier**:



Seleccionamos el archivo que acabamos de salvar y pulsamos **Next** para definir qué clases queremos crear y otra vez **Next** para especificar el archivo de salida, que vamos guardar en la carpeta de resultados con el nombre de *clas\_def.img*:



Aceptamos pulsando **OK** y esperamos a que termine el proceso para examinar el resultado sobre la primera clasificación y ver cómo han cambiado los valores de los píxeles mal clasificados:





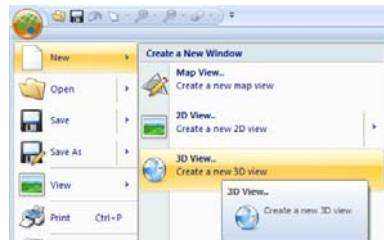
## Práctica 9: Visualización en 3D.

### Práctica 9.1

El objetivo de esta práctica es realizar una visualización en 3D con las herramientas de **ERDAS IMAGINE**.

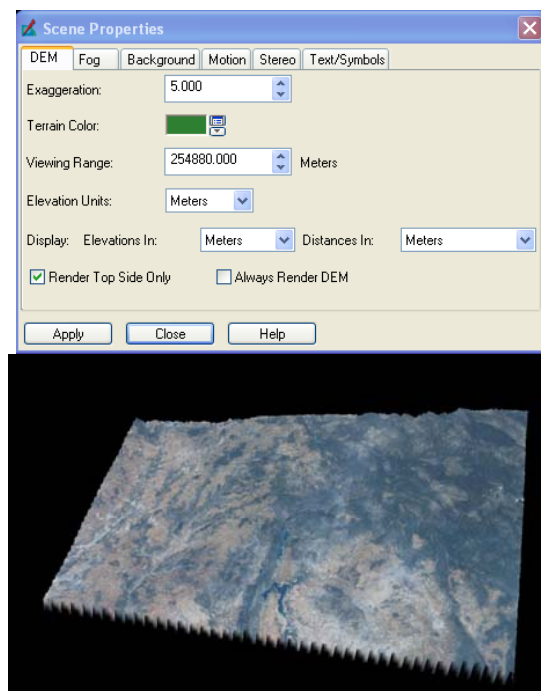
Desde el panel principal de **ERDAS IMAGINE 2010**.

1. Crea una nueva vista 3D mediante **NEW / 3D VIEW**.



2. Visualiza la imagen Landsat con la que has venido trabajando hasta ahora y el MDE obtenido de los datos ASTER. Ambos están en formato img en la carpeta "Práctica 9".

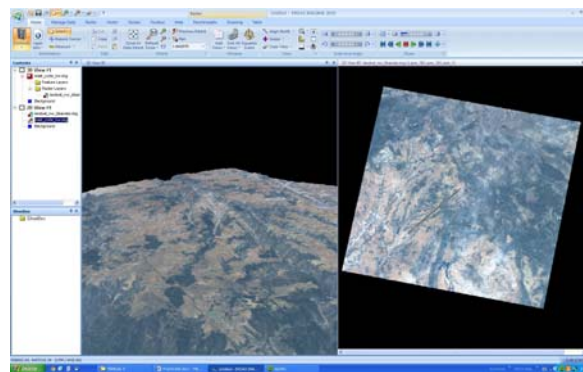
Despliega este cuadro de diálogo **Scene Properties** del menú **Scene** en la pestaña **Scene** modifica el factor de exageración del relieve a 2.5 (activa la función **Exaggeration** e incrementa su valor a 5), pulsa **Apply** y observa el cambio producido.



3. Clicando en la orden **Create Linked Overview** se muestra la herramienta **Eye and Target** en otro visor simultáneo que nos permite controlar la posición del observador y el punto observado.



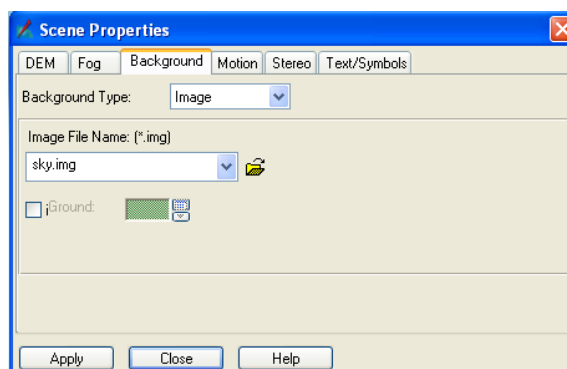
Si modificas estas posiciones arrastrándolas con el ratón mientras lo mantienes pulsado, observarás cómo cambia la visualización 3D.



4. Los parámetros de visualización se modifican desde la pestaña **Scene** en el menú **Navigation** con la orden **Position Editor**.



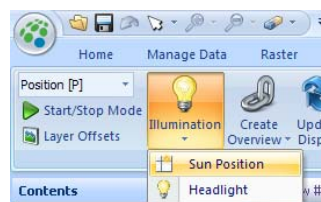
5. También vas a cambiar el modo de visualizar el fondo de la imagen. En **Scene Properties** cambia a la pestaña **Background** despliega la persiana y elige la opción **Image**, después navega hasta la carpeta "Practica9" y carga el archivo "sky.img". Pulsa **Apply** para que el cambio se produzca.



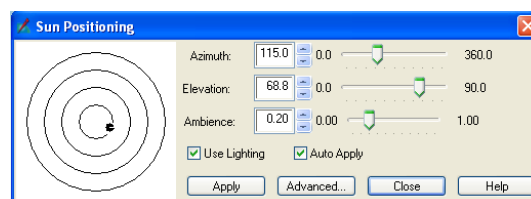
6. Cierra el cuadro de diálogo.

7. Con la herramienta **Position Editor** se pueden modificar nuevos parámetros que controlen el efecto de visualización. Básicamente son las coordenadas X e Y del punto de observación, su elevación sobre el terreno, su elevación sobre el nivel del mar, el FOV (controla el campo visual en la vertical, si es más o menos ancho; aparece en el perfil de ayuda como dos líneas amarillas), el *pitch* es la bisectriz del FOV y señala el ángulo de la línea visual (un valor 0 señala la posición horizontal, un valor positivo implica una elevación de la observación y un valor negativo una caída; arrastra con él la posición del FOV; en el perfil de ayuda se corresponde con la línea roja), el ángulo acimutal de observación y el *roll* que permite inclinar la observación. Si clicas el **auto apply** se visualizaran automáticamente.

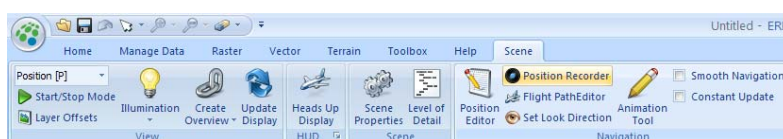
8. Puedes configurar la geometría de iluminación. Para ello utiliza la herramienta **Sun Position** de la pestaña **Scene** y el menú **View**.



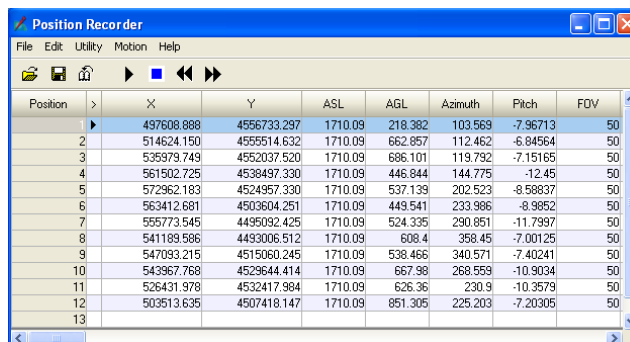
El punto negro sobre las circunferencias concéntricas representa la posición del sol (el centro de las circunferencias representaría el cenit)



9. Se puede almacenar cada posición que definamos con sus parámetros desde el menú **Scene/Navigation/Position Recorder**.



Aparece una tabla, los registros serían cada una de las posiciones y en columnas aparecen los parámetros de visualización de cada una.



| Position | X          | Y           | ASL     | AGL     | Azimuth | Pitch    | FOV |
|----------|------------|-------------|---------|---------|---------|----------|-----|
| 1        | 497608.888 | 4556733.297 | 1710.09 | 218.382 | 103.569 | -7.96713 | 50  |
| 2        | 514624.150 | 4555514.632 | 1710.09 | 662.857 | 112.462 | -6.84564 | 50  |
| 3        | 535979.749 | 4552037.520 | 1710.09 | 686.101 | 119.792 | -7.15165 | 50  |
| 4        | 561502.725 | 4538497.330 | 1710.09 | 446.844 | 144.775 | -12.45   | 50  |
| 5        | 572962.183 | 4524957.330 | 1710.09 | 537.139 | 202.523 | -8.58837 | 50  |
| 6        | 563412.681 | 4503604.251 | 1710.09 | 449.541 | 233.986 | -8.9852  | 50  |
| 7        | 555773.545 | 4495092.425 | 1710.09 | 524.335 | 290.851 | -11.7997 | 50  |
| 8        | 541189.586 | 4493006.512 | 1710.09 | 608.4   | 358.45  | -7.00125 | 50  |
| 9        | 547093.215 | 4515060.245 | 1710.09 | 538.466 | 340.571 | -7.40241 | 50  |
| 10       | 543967.768 | 4529644.414 | 1710.09 | 667.98  | 268.559 | -10.9034 | 50  |
| 11       | 526431.978 | 4532417.984 | 1710.09 | 626.36  | 230.9   | -10.3579 | 50  |
| 12       | 503513.635 | 4507418.147 | 1710.09 | 851.305 | 225.203 | -7.20305 | 50  |
| 13       |            |             |         |         |         |          |     |

Para almacenar nuestra posición utiliza la herramienta **Add Position**.

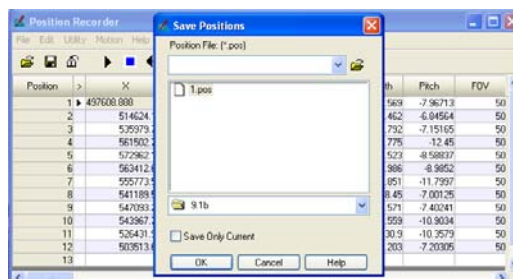


10. Cambia los parámetros de observación para configurar dos posiciones más y añádelos a la tabla de posiciones.

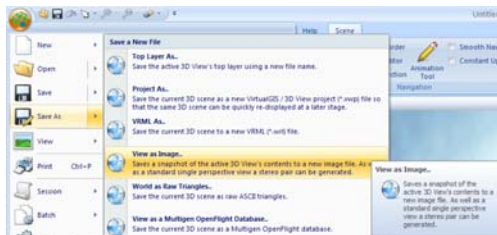
11. Una vez que tengas distintas posiciones puedes pasar de una a otra sucesivamente con la opción **Go to Next**.



12. Salva tu fichero de posición con la opción **Save** desde el **Positions Editor**.



- Se puede almacenar cada posición de visualización como una fotografía. Para ello se recurre al menú **Application Menu/Save As/View as Image**



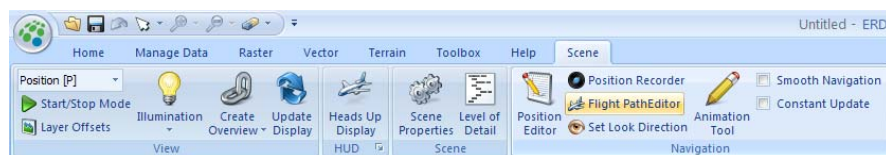
y se almacena como una imagen.

- Puedes abrir la imagen resultante en un nuevo **Viewer**.

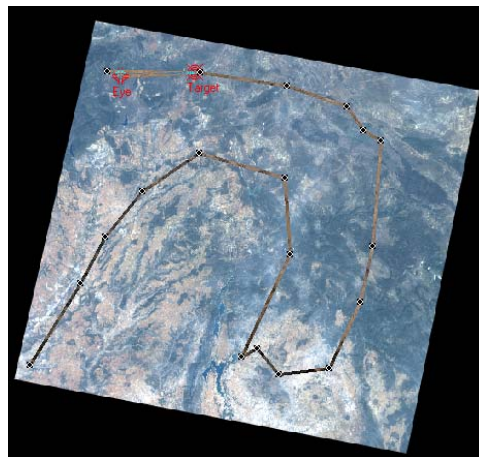
## Práctica 9.2


Para finalizar vamos a aprender a realizar una simulación de un vuelo en 3D.

- Abrimos el **Flight PathEditor** para definir el trazado del vuelo.



- Desde el menú **Utility** seleccionamos **Fly Path Editor** para definir el trazado del vuelo. Se define en la vista 2D.



- Para finalizar el trazado pulsa dos veces el botón izquierdo del ratón. Desde el **Flight PathEditor** pulsa la herramienta. **Apply changes to Flight path** .
- Pulsa el botón **Start Flight** y observa el visor.



## RECURSOS DE TELEDETECCIÓN

### MANUALES DE TELEDETECCIÓN:

Barret, E. C. y L. F. Curtis (1999): *Introduction to Environmental Remote Sensing*, Cheltenham, Stanley Thornes Publishers Ltd.

Chuvieco, E. (2002): *Teledetección Ambiental*, Barcelona, Ariel.

Gibson, P. y C. H. Power (2000a): *Introductory Remote Sensing: Principles and Concepts*, London, Routledge.

Gibson, P. y C. H. Power (2000b): *Introductory Remote Sensing: Digital Image Processing and Applications*, London, Routledge.

Jensen, J. R. (2000): *Remote Sensing of the Environment. An Earth Resource Perspective*, Upper Saddle River N.J., Prentice-Hall.

Lillesand, T. M. y R. W. Kiefer (2000): *Remote Sensing and Image Interpretation*, New York, John Wiley and Sons.

Mather, P. M. (1998): *Computer Processing of Remotely Sensed Images*, Chichester, John Wiley & Sons.

Pinilla, C. (1995): *Elementos de Teledetección Espacial*, Madrid, RA-MA.

Richards, J. A. y X. Xia (1999): *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*, Berlin, Springer-Verlag.

Short, N. M. (2001): The Remote Sensing Tutorial (An Online Handbook). Applied Information Sciences Branch. NASA's Goddard Space Flight Center (<http://rst.gsfc.nasa.gov>). (se baja gratuitamente de internet)

Sobrino, J. A. (Ed.) (2000): *Teledetección*, Valencia, Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.

### REVISTAS ESPECIALIZADAS

*Canadian Journal of Remote Sensing*, Canadian Aeronautics and Space Institute (CASI), 130 Slater Street, Suite 818, Ottawa, Ontario K1P 6E2, Canada.  
<http://www.callisto.si.usherb.ca/~cartel/cjrs>.

*Cartography and Geographic Information Science (CaGIS)*. American Congress on Surveying and Mapping, 6 Montgomery Village Avenue, Suite 403, Gaithersburg, MD. <http://leporello.ingentaselect.com/vl=8574760/cl=35/nw=1/rpsv/cw/acsm/15230406/contp1.htm>

Earth Observation Magazine. EOM, Inc., 13741 E. Rice Place, Suite 200, Aurora, CO 80015 (USA). <http://www.eomonline.com>

Geocarto International, Geocarto International Centre, GPO Box 4122, Hong Kong. <http://www.geocarto.com/e-journal.html>

Geofocus, revista electrónica del grupo de métodos cuantitativos, SIG y Teledetección de la Asociación de Geógrafos Españoles <http://geofocus.rediris.es/principal.html>

IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, IEEE Geoscience and Remote Sensing Society, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 345 E. 47th Street, New York, NY, 10017 USA. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?puNumber=36>

International Journal of Geographical Information Science, Taylor and Francis Ltd., Rankine Road, Basingstoke, Hampshire RG24 0PR, Reino Unido. <http://www.tandf.co.uk/journals/titles/13658816.asp>

International Journal of Remote Sensing, Taylor and Francis Ltd., Rankine Road, Basingstoke, Hampshire RG24 0PR, Reino Unido. <http://www.tandf.co.uk/journals/titles/01431161.asp>

ITC Journal, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, P.O. Box 6, NL-7500 AA, Enschede, Países Bajos. [journal@itc.nl](mailto:journal@itc.nl)

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 5420 Grosvenor Lane, Suite 210, Bethesda 20814-2160, USA. <http://www.asprs.org/asprs/publications/pe&rs/>

Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Publishing Company Inc., 52 Vanderbilt Avenue, New York, NY 10017, USA.

[http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws\\_home/505733/description#description](http://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/505733/description#description)

Revista Española de Teledetección, Laboratorio de Teledetección-LATUV, Facultad de Ciencias, UVA. 47071 Valladolid. <http://www.aet.org.es/>

## DIRECCIONES ÚTILES EN INTERNET

Imágenes del satélite SPOT: *SPOT-Image*, 5 rue des Satellites, Toulouse, B.P. 4359, F-31030, Francia. <http://www.spotimage.com>

*Earthwatch*, 1900 Pike Road, Longmont, Colorado 80501, USA.  
<http://www.digitalglobe.com>

Imágenes del satélite IKONOS y otros de alta resolución: <http://www.geoeye.com/>

Imágenes de varios satélites de imágenes sobre Europa (Quickbird, Landsat, Envisat, ERS 1 y 2, IRS, Radarsat, ASTER). <http://www.eurimage.com>

Universidad de Dundee. (Archivos con datos AVHRR, MODIS, SeaWIFS).  
<http://www.sat.dundee.ac.uk/>

Imágenes de la plataforma espacial europea Envisat: <http://envisat.esa.int/>

Imágenes del programa Landsat de la NASA: <http://glovis.usgs.gov/>

Imágenes MODIS: <http://modis.gsfc.nasa.gov/>

Imágenes RADAR de la NASA: <http://www.jpl.nasa.gov/radar/sircxsar/>

Imágenes de misiones tripuladas de la NASA: <http://eol.jsc.nasa.gov/>